SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1900

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1900

DEUXIÈME VOLUME



PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1900

ENGIN.
LIBRARY

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1900

N° 13.

ERRATUM

Par suite d'une erreur de mise en pages dans le bulletin de juin 1900, deuxième quinzaine (partie B), la page 689 doit prendre la place de la page 686 qui, elle-même, remplace la page 689.

L'ordre de lecture est donc, dans le foliotage actuel, pages 685, 689 (686), 687, 688, 686 (689).

OUVRAGES REÇUS

Du 1er au 22 juin 1900, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

HORSIN-DÉON (P.). — *Traité théorique et pratique de la Fabrication du sucre de betterave*, par Paul Horsin-Déon (2 volumes in-8°, 285×190, de XII-1 092 p. avec 207 fig. et 5 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Deuxième édition) (Don de l'auteur, M. de la S.). 39826 et 39827

LÉVY-SALVADOR (P.). — *Hydraulique agricole*, par Paul Lévy-Salvador. *Livre III, 4e à 8e partie. Assainissements et dessèchements. Colmatage. Polders. Drainage. Utilisation agricole des eaux d'égouts. Annexes* (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16, 190×120 de VIII-563 p. avec 279 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 39819

Ministère de l'Agriculture. Bulletin (Annexe). Direction de l'hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicule X (in-8°, 280×180 de 248 p. avec 5 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 39318

84130

Chemins de fer et Tramways.

Description des objets exposés par les Ateliers de réparation à la station Oufa du chemin de fer Samara-Zlatoust. Forge à pétrole aux ateliers de réparation à Oufa (in-18, 185×125 de 19 p. avec 1 pl.). Camapa, 1899 (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39839

Description sommaire de l'Appareil électroblock-staff système Zeest (Exposition universelle de Paris, 1900. Russie. Ministère des Voies de communication. Lignes Baltique et Pskow-Riga) (in-8°, 210 × 150 de 6 p. avec 1 pl.). Saint-Pétersbourg, 1900 (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39841

Description sommaire de la Voiture d'été de 1re classe pour les chemins de fer de banlieue (Exposition universelle de Paris, 1900. Russie, Ministère des Voies de communication. Administration des chemins de fer de l'Empire. Lignes Baltique et Pskow-Riga) (une feuille 215×150) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39844

Description succincte des cartes, des tableaux graphiques et des publications de la Section de statistique et de cartographie du Ministère des Voies de communication présentés à l'Exposition universelle de 1900 à Paris (une feuille 275×195) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39838

Disposition pour le changement des essieux de wagons aux Ateliers de Kharkoff (Le chemin de fer de l'Etat Koursk-Kharkoff-Sébastopol) (une feuille 215×140) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39845

Gallet (Th.). — *Chauffage des voitures de chemins de fer, tramways, omnibus et autres véhicules par l'appareil thermo-hydrotubulaire système Th. Gallet* (in-4°, 310×210 de 8 p. avec 2 pl.). Tours, E. Juliot, 1900 (Don de l'auteur). 39825

Marchal (E.). — *Annuaire des chemins de fer.* Rédigé d'après les documents officiels, par E. Marchal, *15e année 1900* (in-8° 255×160 de 904 p.). Paris, 14, rue Froissart. 39834

Mémoire descriptif du Magasin élevateur à la gare de Réval-Port (Exposition universelle de Paris, 1900. Russie, Ministère des Voies de communication. Administration des chemins de fer de l'Empire. Lignes Baltique et Pskow-Riga). Saint-Pétersbourg, 1900 (Don de M. A. d'Abramson). 39840

Recueil de la Direction des Pensions (Ministère des Voies de communication. Administration des chemins de fer de l'Empire) (in-4°, 275×215 de 114 p.) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39846

Russie. Chemin de fer Libau-Romny. 1900. Fourneau. Couvercle à filtre. Formes pour les ustensiles en platine. Pipette. Flambeau pour signaler les trains. Instruction pour l'emploi des flambeaux. Épreuve de fer zingué. Analyse des bronzes. Bac mobile (in-8°, 205×150 de 23 p. avec 3 pl.) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39842

Usine pour l'injection des traverses du chemin de fer Ékatérinskaia (Ministère des Ponts et Chaussées. Chemin de fer Ékatérinskaia). Ékatérinoslaw, 1900 (in-8°, 250×165 de 27 p., 1 tabl. et 7 pl.) (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39843

Construction des Machines.

KNAP (G.). — *Les secrets de fabrication des Moteurs à essences pour motocycles et automobiles, et les Résultats du Concours de Moteurs d'Aubervilliers, Octobre, Novembre. Décembre 1899*, par Gëorgia Knap (in-8°, 250×165 de 552 p. avec 119 fig.). Troyes, Victor Martelet, 1900 (Don de M. L. Périssé, M. de la S., de la part de l'auteur). 39836

LA VALETTE (COMTE DE) et PÉRISSÉ (L.). — *Le Carnet du chauffeur. Guide Aide-mémoire de l'Automobilisme*, par le Comte de La Valette et L. Périssé. *4e année 1900* (in-16 de xx-300 p.). Paris, J. Rueff, 1900 (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 39862

Économie politique et sociale.

BIARD (E.). — *L'Industrie Américaine et l'Industrie Anglaise. Les causes et l'avenir de leur rivalité d'après les Anglais et les Américains*, par M. E. Biard (Extrait du Bulletin d'Avril 1900 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4° 280×225 de 37 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1900 (Don de l'auteur). 39830

CACHEUX (E.). — *Le Crédit foncier populaire*. Revue trimestrielle publiée pour propager en France les « Buildings Societies » et augmenter le nombre des petits propriétaires, par E. Cacheux, N° 1, Mai 1893 (in-8°, 240×260 de 14 p.); N° 2, Mars 1897 (in-8°, 235 × 155 de 16 p.); N° 3, Mars 1898 (in-8°, 235×155 de 16 p.). Paris, 25, quai Saint-Michel (Don de l'auteur, M. de la S.). 39853 à 39855

FÉOLDE (G.). — *Accidents du travail et Assurances contre les accidents*, par G. Féolde (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (in-8° 255 × 165 de 647 p.). Paris, Ch. Béranger, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39835

Papeterie coopérative d'Angoulême. Maison Laroche-Joubert. Laroche-Joubert et Cie, fabricants de papier. Règlement de coopération (in-8°, 240×155 de 71 p.). Angoulême, Roux et Despujols, 1896 (Don de M. Laroche-Joubert). 39849

ZAYAS ENRIQUEZ (R. DE). — *Les États-Unis Mexicains. Leurs ressources actuelles. Leurs progrès. Leur situation actuelle*, par R. de Zayas Enriquez (in-8°, 230×170 de 238 p.). Mexico, Imprimerie du Ministère de Fronento, 1899. 39863

Enseignement.

École spéciale d'Architecture. Concours de sortie de 1900. Première épreuve. Projet. La retraite d'un philanthrope (une feuille 275×220). Paris, Delalain, 1900. 39817

Législation.

XXXIe Annuaire de l'Association amicale des anciens Elèves de l'École polytechnique de Zurich. Mai 1900 (in-8°, 220 × 150 de 260 p.). Zurich, Ve Émile Cotti, 1900. 39820

Métallurgie et Mines.

CONTRERAS (DON A.). — *Annuaire de la Minera Metalurgia y Electricidad de España, con una sección de Industrias quimicas.* Publicado por la Revista Minera Metalurgia, y de Ingenieria, bajo la dirección de Don Adriano Contreras. *Ano Séptimo, 1900* (in-8°, 230 × 150 de 528 p.). Madrid, Enrique Teodoro. 39864

HERRENSCHMIDT (H.). — *Sur l'existence de quelques Minerais dans le département de la Mayenne (Fer, antimoine, manganèse, cobalt, cuivre, charbon),* par H. Herrenschmidt (in-8°, 245 × 155 de 15 p.). Laval, A. Goupil, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39857

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Anciens Établissements Henri Satre. Lyon-Arles-Rouen. Notice générale. Constructions mécaniques. Matériel de dragage et de navigation fluvial et maritime (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 270×210 de 30 p.). Lyon, P. Legendre. 1900 (Don de M. Maurice Satre, M. de la S.). 39850

Anciens Établissements Henri Satre. Lyon-Arles-Rouen. Notice explicative des modèles et photographies exposées. Matériel colonial (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 270 × 210 de 11 p.). Lyon, P. Legendre, 1900 (Don de M. Maurice Satre, M. de la S.). 39851

Anciens établissements Henri Satre. Lyon-Arles-Rouen. Notice explicative des modèles et photographies exposés. Matériel de la navigation de commerce (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 270×210 de 48 p.). Lyon, P. Legendre, 1900 (Don de M. Maurice Satre, M. de la S.). 39852

Guide à travers l'Exposition collective de Constructions hydrauliques organisée par le Ministre des Travaux publics du Royaume de Prusse. Traduit de l'allemand par M. E. Biart (Exposition universelle de 1900 à Paris) (in-8°, 190 × 130 de VIII-116 p.). Berlin, P. Stankiewicz, 1900 (Don de M. Karl Rasch). 39818

Notices sur les Appareils d'éclairage, modèles et dessins exposés par le Service des Phares (République Française.) Ministère des Travaux publics. (Exposition universelle en 1900) (in-8°, 240 × 155 de XI-336 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 39816

Technologie générale.

DA CUNHA (A.). — *Les Travaux de l'Exposition de 1900,* par A. Da Cunha. Préface de Henri de Parville (Publications du Journal La Nature) (in-8°, 230 × 160 de 339 p. et 189 fig.). Paris, Masson et Cie, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39861

Description des machines et procédés pour lesquels des Brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-seizième. 1re Partie et 2e Partie. Nouvelle série. Année 1895* (2 vol. in-8°, 245 × 160). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 39821 et 39822

Fifth Annual Bulletin of the Engineers' Club of Saint-Louis 1900 (in-8°, 225 × 150 de 116 p.). Saint-Louis, Woodward and Tiernan Printing C°, 1900. 39815

Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Vakafdeeling voor Electrotechniek 1899-1900. X. Notulen der Vergadering van 9 December 1899 (in-8°, 225 × 150 de 79 p.). 's-Gravenhage, A. D. Schinkel, 1900. 39858

Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Vakafdeeling voor Werktuig-en Scheepsbouw. Jaarverslag 1899-1900. III (in-8°, 225-175 de 58 p. avec 9 pl.). Amsterdam. J. H. de Bussy. 39859

Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Vakafdeeling voor Spoorwegbouw en Spoorweg-exploitatie. Eerste Leden-Vergadering, gehouden op Zaterdag 3 Februari 1900, des voormiddage ten 11 ure, ni de Societeit « De Vereeniging » te Haarlem (in-4°, 345 × 245 de 12 p. avec 1 pl.). 's-Gravenhage, A. D. Schinkel, 1900. 39860

Sacheri (G.). — *Rivista tecnica della Esposizione generale Italiana, Torino, 1898*. Direttore della Publicazione Giovanni Sacheri (in-4°, 320 × 240 de 218 p. avec 18 pl. et 312 fig.). Torino, Camilla e Bertolero di N. Bertolero, 1900 (Don de l'auteur). 39833

Society of Engineers. Transactions for 1899, and General Index, 1857 to 1899 (in-8°, 225 × 140 de 300 p. avec pl.). London, E. and F. N. Spon, 1900. 39824

The John Crerar Library. Fifth Annual Report for the year 1899 (in-8°, 255 × 165 de 37 p.). Chicago, 1900. 39832

Travaux publics.

Bois et pierres de construction aux chemins de fer du sud-ouest (in-4°, 315 × 240 de 42-xxi p.) (Ouvrage en français et en russe). Kieff, 1900 (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.). 39847

Liste des modèles d'espèces de bois et de pierres exposés par les chemins de fer de l'État Russe (Ministère des Voies de communication. Administration des chemins de l'Empire. Exposition universelle de 1900) (in-8°, 210 × 140 de 41 p.), Kiève, 1900 (Don de M. A. d'Abramson, M. de la S.).

Lucas (Ch.). — *Étude sur les Habitations à bon marché en France et à l'Etranger*, par Charles Lucas (Bibliothèque de la Construction moderne) (in-8°, 275 × 175 de 354 p. avec 151 fig.). Paris, Aulanier et Cie, 1899 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39837

PROGRAMME RECTIFIÉ DES CONFÉRENCES-VISITES

pendant les mois de juin et de juillet 1900.

DATES DES CONFÉRENCES-VISITES	SUJETS	NOMS DES CONFÉRENCIERS	LIEUX DE RENDEZ-VOUS A 9 H. 45
Vendredi 8 juin	*Architecture Coloniale.* *Exposition du Transvaal.*	MM. DE NANSOUTY. DA CUNHA. BOUSQUET.	Porte n° 36 (Trocadéro).
Mardi 12 juin.	*L'Exposition minière du Trocadéro.*	COURIOT.	Porte n° 36 (Trocadéro).
Samedi 16 juin	*La Sidérurgie.*	BACLÉ. EUVERTE. PINGET.	Champ-de-Mars, Porte Rapp (Avenue de La Bourdonnais).
Mardi 19 juin.	*Habitations à bon marché.* *Économie sociale.* *Accidents du Travail.*	CACHEUX. BERT. MAMY. FÉOLDE	Champ-de-Mars, Porte n° 42 (Place de l'Alma).
Jeudi 21 juin	*L'Architecture à l'Exposition.*	COURTOIS. LOUISSE. DA CUNHA.	Porte Monumentale (Place de la Concorde).
Samedi 23 juin	*Travaux maritimes.*	COISEAU. EDMOND HENRY.	Champ-de-Mars, Porte Rapp (Avenue de La Bourdonnais).
Mardi 26 juin. . . . . . . **Conférence-Visite** *ajournée.*	*Automobiles et Moteurs.*	G. DE CHASSELOUP-LAUBAT. DE NANSOUTY. MAGLIN. L. PÉRISSÉ.	**Vincennes.** Porte Dorée, Avenue Daumesnil.
Mercredi 27 juin	*Tramways et Cycles.*	GODFERNAUX. MAGLIN.	**Vincennes.**

Mercredi 27 juin [illegible]	[illegible] *[illegible] tricité).*	[illegible]	[illegible] (près l'extrémité de la rue de l'Université).
[illegible]endredi 29 [illegible]	*Cycles automobiles et Tramways.*	G. DE CHASSELOUP-LAUBAT. L. PÉRISSÉ.	Champ-de-Mars, Porte Rapp (Avenue de La Bourdonnais).
Mardi 3 juillet	*Photographie. Appareils cinématographiques, etc., etc.*	DAMOISEAU. LÉVY. DA CUNHA.	Champ-de-Mars, Porte Rapp (Avenue de La Bourdonnais).
Jeudi 5 juillet.	*Les Mines des Sections étrangères.*	BRÜLL.	Champ-de-Mars, Porte Rapp (Avenue de La Bourdonnais).
Samedi 7 juillet.	*Chaudières et Machines à vapeur.*	S. PÉRISSÉ. BOURDON. COMPÈRE.	Champ-de-Mars, Porte en face la Grande Cheminée (Avenue de La Bourdonnais).
Mardi 10 juillet. . . . . . (*Suite du jeudi 21 juin*).	*Gare des Invalides. — Ascenseurs de la Tour Eiffel. (Voir la circulaire du 25 juin.)*	DA CUNHA. LOUISSE. COURTOIS.	Salle des Pas-Perdus de la Gare des Invalides.
Mardi 17 juillet.	*Groupes électrogènes.*	LECLER.	Champ-de-Mars, Porte en face la Grande Cheminée (Avenue de La Bourdonnais).
Jeudi 19 juillet	*Traction électrique.*	DE MARCHENA.	**Vincennes.** Porte Dorée, Avenue Daumesnil.
Mardi 24 juillet.	*Matériel et procédés des Industries agricoles.*	LAMBERT. CHEVALLIER. FÉOLDE. EGROT.	Champ-de-Mars, Porte en face l'ancienne Galerie des Machines (Avenue de La Bourdonnais).
Jeudi 26 juillet	*Appareillage et éclairage électriques.*	V. LANGLOIS. BAIGNÈRES.	Champ-de-Mars, Porte en face la Grande Cheminée (Avenue de La Bourdonnais).
Mardi 31 juillet.	*Transport et Transmissions électriques.*	BOCHET.	Champ-de-Mars, Porte en face la Grande Cheminée (Avenue de La Bourdonnais).

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1900, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM.

H.-A. Amand,	présenté par MM.	Bourdon, Bureaux, Thareau.
F. Brunsvick,	—	Aulanier, A. Lavezzari, Rumler.
M.-A.-E. Cassin,	—	Canet, L. Appert, Magnard.
R. Ellissen,	—	Canet, Buquet, Ellissen.
J. Ellissen,	—	Canet, Buquet, Ellissen.
P.-G. Eude,	—	Ch. Bourdon, Muller, P. Roger.
A. Frondière,	—	L. Appert, M. Appert, Journolleau.
H. Herrenschmidt,		Boucheron, Jannettaz, Touchon.
S. Lacube,	—	Chambrelent, Jannettaz, Medebielle.
G. Mareschal,	—	Da Cunha, Hospitalier, de Nansouty.
A. Nessi,	—	Flament, Papa, Serra.
E.-J.-M. Nessi,	—	Vigreux, Forgue, Canet.
L.-J. Parvillée,	—	Brüll, Fayollet, Lalance.
J.-M. Rodriguez-Lacombe,		Canet, de Grobert, Prangey.
G. Rose,	—	Ducastel, Haour, Heurtematte.
G.-A. da Silveira,	—	Canet, Alvim, Teixeira Soares.
J.-L. Vivier,	—	Brueder, Faget, Reich.

Comme Membres Associés, MM.

L. Duvignau de Lanneau,	présenté par MM.	Canet, Buquet, Delmas.
P. Hanzer,	—	Canet, de Banville, Rancelant.
F. de Sola,	—	Canet, Grobert, Prangey.
L. Virey,	—	Dumont, Baignères, Bisson.



RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1899

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er JUIN 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. le Président fait part d'une lettre adressée par notre Collègue M. E. Deharme, signalant une erreur qui s'est glissée dans le Bulletin de mai (1re quinzaine) à la page 480. Il y est dit, parmi les ouvrages offerts : « Deranne (E.) et Pulin (A.). Chemins de fer. Étude de la locomotive. La chaudière, par E. Deranne et A. Pulin. » Le nom de Deranne est inexact. C'est Deharme qu'il faut lire.

Dans le dernier procès-verbal il a été omis de faire mention du nom de M. E. Javaux dans la liste des membres du Jury de l'Exposition de 1900 (Électricité, classe 23).

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès des Collègues dont les noms suivent :

M. Chabrier, Ernest, officier de la Légion d'honneur, ancien élève de l'École Centrale (1847), Membre fondateur de la Société (1848), ancien Ingénieur de la voie aux Chemins de fer de l'Ouest; a été administrateur de la Compagnie générale Transatlantique, délégué des Chambres de Commerce et d'Agriculture de l'Ile de la Réunion, Membre de la Commission supérieure des Expositions universelles, Vice-Président du Comité consultatif du commerce et de l'agriculture des Colonies, Membre du Jury des Expositions Universelles de 1867, 1878 et 1889, Membre du Comité de 1872 et 1879. Ses obsèques ont eu lieu le mercredi 23 mai en l'église Saint-Augustin. Au cimetière des discours ont été pronon-

cés par M. Cloquemin, au nom de la Compagnie générale Transatlantique, M. Canet, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. Balsan, au nom de l'Association Amicale des anciens élèves de l'École Centrale, M. Roger, au nom du groupe de Paris, de l'Association amicale, M. Loreau, au nom du Conseil d'administration du *Génie Civil* et par M. Garsault, au nom des Chambres de Commerce et d'Agriculture de l'Ile de la Réunion.

M. Déjardin, Membre de la Société depuis 1898, Ingénieur-constructeur d'appareils d'horlogerie de précision et d'appareils de mesures électriques.

M. Fortin (Louis), ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1858), Membre de la Société depuis 1882; a été Ingénieur chez MM. Jules Géraud et Cie à Rio-de-Janeiro.

M. le Président informe ses Collègues que la réorganisation du Conservatoire des Arts et Métiers a été décidée il y a quelque temps par M. le Ministre du Commerce et que le décret a paru le 19 mai, signé de M. le Président de la République.

M. le Président est heureux de constater que notre Société figure en bonne place dans la nomination des Membres du Conseil d'administration, puisque son Président en fait partie par suite des termes mêmes du décret qui a nommé ces membres.

Parmi ce Conseil la Société compte plusieurs de nos Collègues, qui sont les suivants :

M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France;

MM. Reymond, Delaunay-Belleville et A. Liébaut.

En outre, le Conseil de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers a comme Président M. le colonel Laussedat, comme Vice-Président M. G. Berger, et comprend parmi ses membres, nos Collègues MM. Delaunay-Belleville, A. Liébaut, Poirrier, Berger, Buquet, Couriot, Jacquemart, Mesureur et E. Trélat.

M. le Président a le plaisir d'informer la Société que notre Collègue, M. Carcuac, a fait abandon à la Société de son obligation de 500 *f* de notre emprunt. Il rappelle que M. Carcuac avait, en outre, depuis le 1er juillet 1896, fait abandon du montant des coupons de ladite obligation au fur et à mesure de leur échéance. Il adresse à M. Carcuac les plus vifs remerciements de la Société pour ce don généreux.

M. le Président annonce que la Société a reçu un certain nombre d'ouvrages depuis la dernière séance. La liste en figurera au prochain Bulletin.

M. le Président donne avis que le Congrès international d'électricité qui doit se tenir à Paris du 18 au 25 août, a publié le programme provisoire des questions qui y seront traitées.

Ce programme est déposé au Secrétariat.

M. le Président rappelle que les réceptions des Ingénieurs étrangers délégués des Sociétés invitées à l'occasion de l'Exposition de 1900 doivent avoir lieu en deux séries, du 15 au 20 juin et du 29 juin au 4 juil-

let. et engage nos Collègues à se faire inscrire sans retard afin d'être le plus nombreux possible pour recevoir dignement nos invités.

M. le Président rappelle que les conférences-visites dont l'organisation a été confiée à notre ancien Président M. G. Dumont doivent commencer le 8 juin.

Il espère que ces visites seront assidûment suivies, car elles promettent d'être fort intéressantes grâce au dévouement et au concours de nombreux conférenciers.

M. le Président rappelle qu'à la fin de l'année dernière le Comité, sur la proposition de notre ancien Président M. G. Dumont, avait décidé de faire paraître le Bulletin bi-mensuellement. Cette mesure a été appliquée à titre d'essai pendant les six premiers mois de 1900; mais elle n'a pas donné tous les résultats qu'on pouvait en espérer en comparaison du supplément de dépense qu'elle a occasionné.

Le Comité, après avoir soigneusement et longuement étudié la question a décidé de suspendre la publication du Bulletin bimensuel et de revenir, à partir de juillet 1900, et jusqu'à nouvel ordre, au Bulletin mensuel.

L'ordre du jour appelle la communication de M. G. Flament sur les *Constructions les plus intéressantes établies en béton armé pendant ces dernières années, et plus spécialement pendant l'année 1899.*

M. G. Flament rappelle brièvement combien la question des constructions en fer et béton combinés est à l'ordre du jour et se propose de faire passer sous les yeux de ses Collègues les applications les plus variées du béton armé pendant ces dernières années et plus spécialement pendant l'année 1899. Il divise son programme en deux parties : 1° les constructions antérieures à 1899, qui feront l'objet d'un rapide exposé ; 2° les constructions exécutées pendant l'année 1899, qui nécessiteront quelques explications plus détaillées. A la suite seront groupés les travaux de l'Exposition de 1900.

Les constructions antérieures à l'année 1899 sont représentées par les exemples les plus divers. M. Flament montre les projections de jetées, docks, minoteries, filatures, et insiste sur les avantages du béton armé aux points de vue de l'incombustibilité et de l'économie. De plus, la liaison intime entre les fondations et la superstructure, c'est-à-dire entre les pieux en béton armé, les poteaux et les planchers, constitue un ensemble rigide, un véritable monolithe indéformable, réfractaire aux trépidations des installations mécaniques en mouvement.

M. Flament cite comme exemple des silos à grains ou à charbon, comme ceux des mines de Lens et Douvrin, qui contiennent 320 *t* de charbon et qui sont portés par huit colonnes de 0,30 *m* sur 0,30 *m* de section sur des pieux battus à une grande profondeur. Il rappelle l'expérience involontaire faite sur un de ces silos où, par suite d'une fausse manœuvre, une rame de wagons vint buter contre un des poteaux et le faussa, sans que la stabilité du *colosse aux jambes grêles* en fût diminuée.

M. Flament termine cette première partie de sa communication en

faisant passer sous les yeux de ses Collègues les projections d'un certain nombre de ponts et passerelles. A ce sujet, il fait une comparaison entre les poutres en béton armé munies d'étriers et les planchers constitués de voûtains en briques reposant sur les ailes de fers à I et montre que la résistance du béton armé aux surcharges mobiles, aux trépidations et aux chocs n'a rien de surprenant, malgré les craintes qui ont été exprimées.

M. Flament passe ensuite aux constructions faites en 1899. Parmi elles se trouvent des réservoirs superposés de Saint-Gobain et ceux d'une usine à Billancourt. Il décrit une canalisation située au Simplon et qui se déroule avec souplesse dans la vallée ou à flanc de coteau sur une longueur de 3 *km*. Puis viennent un grand nombre d'usines, filatures, tissages, construits entièrement en béton armé, les minoteries de Brest (moulins, magasins et silos), chacune de ces trois parties formant un monolithe parfait placé sur 8 *m* de remblai reposant lui-même sur 6 *m* environ de tourbe aquifère, des silos faits à Strasbourg et à Gênes, le revêtement du tunnel du col de Bussang, puis des maisons de rapport, et en particulier celle de M. Hennebique, qui est en construction rue Danton, à Paris.

M. Flament donne des détails très complets sur les expériences d'incombustibilité faites à Gand, en septembre et octobre 1899 : Une construction de 12 *cm* d'épaisseur, interceptant rigoureusement la chaleur, dont les planchers étaient chargés de façon dissymétrique d'un poids supérieur d'une fois et demie à la charge prévue, n'accusèrent pas la moindre flèche permanente, non seulement après une première expérience, mais encore après une deuxième faite un mois plus tard avec des surcharges plus considérables et après avoir subi, pendant ces deux expériences, qui durèrent chacune deux heures, des températures dépassant 1 200°.

C'est cette incombustibilité qui rend précieux le béton armé pour des constructions devant être à l'abri du feu, comme celles du théâtre de Berne, des archives du Comptoir National d'Escompte et de celles de la Cour des Comptes, à Paris, dont M. Flament montre des projections.

M. Flament cite encore la coupole pour la banque Brünner, à Bruxelles, coupole de 7,60 *m* de diamètre, portée toute entière sur des encorbellements également en béton armé ; la coupole du grand Établissement thermal de Vichy de 26 *m* × 26 *m* en plan, les nouveaux magasins du Bon Marché, etc., etc.

Les planchers de la sous-station électrique de la Compagnie d'Orléans donnent lieu à une intéressante digression du conférencier sur les expériences comparatives de chocs et de vibrations entre ce plancher et un plancher fer et briques de même portée et calculé pour les mêmes surcharges, expériences dont voici les résultats :

	Force vive.	Flèche.	Durée de vibration.	Poids propre.
	—	—	—	—
Plancher en fer	100 *kgms*	7 *mm* 8	2"	480 *kg*
— en béton armé.	400 *kgms*	1 *mm* 2	3"/7	300 *kg*

M. Flament conclut donc à l'avantage du béton armé pour les ponts de chemins de fer et les ponts en général. Il montre, à l'appui de son dire, un certain nombre de ponts, entre autres le pont vicinal de Tonnerre et le pont de Châtellerault, ce dernier d'une longueur totale de 135 *m*, composé de trois travées, deux latérales de 40 *m* et une centrale de 50 *m* d'ouverture, construit entièrement en béton armé (fondations, piles, culées, arcs, montants de tympan et tablier.) Il donne lecture du procès-verbal signé de M. Antin, ingénieur des Ponts et Chaussées, des essais faits sur ce pont, d'après lesquels une charge de 800 *kg* par mètre carré sur la totalité du pont, donna une flèche maxima de 10 *mm* sur la travée centrale.

Les constructions élevées en 1899 sont terminées par celles relatives à l'Exposition.

M. Flament fait un bref historique des Études des Constructions de l'Exposition, rappelle la brièveté caractéristique des délais d'exécution, délais d'autant plus courts que l'on se rapprochait de la date de l'ouverture. Il cite, entre autres, les planchers du Petit et du Grand Palais des Beaux-Arts, les escaliers hélicoïdaux du Petit Palais, le Palais du Costume, au sujet duquel il décrit les expériences multiples exigées par le Contrôle qui trouvait les poutres circulaires trop hardies et les poteaux trop grêles.

Il termine par la description de quelques ponts et passerelles faits à l'Exposition, de la couverture du chemin de fer des Moulineaux faite en deux parties sur 14 000 m^2 environ, dont plus de 7 000 ont été faits en deux mois et calculés pour 1 000 *kg* de surcharge par mètre carré, de la tranchée du quai de Billy (soutènements et pont), de la passerelle du Panorama de Madagascar, et cite en dernier lieu le projet qui avait été présenté pour l'exécution du Château-d'Eau.

M. le Président est heureux de se faire l'interprète des sentiments de la Société, en adressant ses sincères remerciements à notre Collègue, M. Flament, pour sa communication si intéressante, tant au point de vue des travaux de toute nature faits par M. Hennebique, et dont un grand nombre sont excessivement curieux pour les constructeurs, qu'au point de vue des expériences très heureuses faites pour se rendre compte de l'influence du feu et des vibrations sur les constructions de ciment armé.

Il ajoute que la discussion pourra être faite plus utilement à la suite des deux autres communications qui portent sur le même sujet, et donne la parole à M. Coignet, pour sa communication *sur le Château-d'Eau de l'Exposition*.

M. E. Coignet décrit la construction du Château-d'Eau entièrement faite en ciment armé, sauf les deux pylônes de face édifiés en meulières.

Cette construction peut se diviser en trois parties principales : les vasques, la grande niche et le déversoir.

Les vasques sont supportées par une série de piliers en maçonnerie reliés par des arcs ou *voiles* en béton armé, qui ont tous des courbes et des hauteurs différentes et dont chacun a nécessité des épures spéciales. Ces formes diverses ont été motivées par les différents étages des

vasques, situés en gradins. Ces voiles ont ensuite été reliés entre eux par des planchers au-dessus desquels ont été construits les radiers des vasques. Sous l'intrados de ces voiles, on devait d'abord établir des voûtes en maçonnerie légère qui, enduites, auraient simulé des voûtes d'arêtes. Pour divers motifs, l'administration a décidé de supprimer en partie ces fausses voûtes, et les voiles ainsi que les planchers ont été simplement enduits, laissant ainsi voir la construction réelle au lieu de la dissimuler sous une décoration artificielle.

La grande niche est elle-même composée de deux parties : la partie cylindrique et la partie sphérique. La partie cylindrique repose sur les voiles et se termine par un plancher formé d'énormes poutres de 1 *m* de hauteur reposant sur des points d'appui partant du sol. C'est ce plancher qui supporte la calotte de la grande niche. Cette calotte est formée d'un arc de tête se prolongeant par des piédroits en béton armé reposant en porte-à-faux sur des plates-formes encastrées dans les pylônes de maçonnerie dont il a été parlé plus haut. Les parties inférieures de ces piédroits sont reliées par un tirant horizontal destiné à résister à la poussée horizontale. Quatre autres arcs, parallèles au premier et formant autant de sections de la coupole, viennent reposer sur le plancher de béton armé situé au sommet de la partie cylindrique. Ce sont ces quatre arcs et l'arc doubleau qui forment l'ossature véritable de la coupole. Ils sont reliés et entretoisés entre eux par d'autres arcs concentriques, qui, accusés extérieurement par la décoration, forment les nervures de cette grande niche.

Quant au déversoir, dont le plancher est un peu plus haut (1 *m* environ) que celui de la coupole, il est situé complètement en porte-à-faux, au-dessus de la galerie placée derrière le Château-d'Eau et porté par un plancher dont les points d'appui ont dû être rejetés à 10 *m* en arrière. Ces points d'appui en ciment armé ont une hauteur de 20 *m*. Les poutres composant ce plancher ont 1,30 *m* de hauteur.

M. Coignet termine en insistant sur les difficultés de conception et d'exécution d'un pareil ouvrage, créé de toutes pièces puisqu'aucun précédent n'en existait, et achevé dans des délais extrêmement courts. D'accord avec les Ingénieurs du Contrôle, il a transformé complètement les données du projet qui avait été mis en adjudication. M. Coignet complète sa communication en faisant passer sous les yeux de ses collègues un certain nombre de projections montrant l'édifice aux différentes périodes de sa construction.

M. le Président remercie M E. Coignet de sa très intéressante communication et le félicite d'avoir mené à bien un travail aussi considérable et aussi nouveau. Il donne la parole à M. Chaudy, pour sa communication sur le *calcul des poutres en fer et ciment, et des dalles et parois fléchies en fer et ciment.*

M. F. Chaudy commence par dire que la théorie qu'il va exposer n'est qu'approchée en ce sens que les travaux du métal et du béton que donne le calcul suivant cette théorie ne sont pas les travaux qui se produisent réellement, mais des limites supérieures de ces travaux. Dans toutes les théories des Ingénieurs sur la résistance des matériaux il en

est d'ailleurs plus ou moins de même, et on se contente, faute de mieux, de méthodes de calcul avec lesquelles on est généralement assuré de ne pas dépasser, pour le travail de la matière, une certaine limite. Ceci n'empêche pas ces méthodes d'être essentiellement utiles, parce qu'en les appliquant toujours, dans tous les projets, on réalise des œuvres dont on connait la solidité des unes par rapport aux autres, ce qui est éminemment important.

Le béton qu'on emploie dans les constructions en béton et fer ne peut pratiquement, avec sécurité, être regardé comme suffisamment résistant aux efforts de traction. M. Chaudy néglige donc cette résistance dans le calcul, ce qui ne veut pas dire qu'elle ne peut pas exister réellement et soulager le travail de fer. Le béton est regardé comme une série de barres inclinées réunissant deux membrures métalliques auxquelles elles s'attachent par adhérence. Cette adhérence joue un rôle analogue à celui de la rivure d'attache des barres de treillis aux membrures dans une poutre entièrement métallique. Comme on ne peut compter sur le béton pour former des barres inclinées tendues, il est nécessaire de compléter le système par des montants métalliques normaux aux membrures pour empêcher celles-ci de s'éloigner l'une de l'autre sous l'action de l'effort tranchant. Ces montants sont des étriers en fer rond dans le système de M. Chaudy. Ils constituent un élément indispensable qu'on calcule simplement et dont jusqu'ici, personne n'avait montré le degré d'utilité, *puisqu'on ne parlait que du calcul seul des membrures avant M. Chaudy*. Il y a donc là un progrès apporté, grâce au raisonnement scientifique, dans la construction des poutres en fer et béton.

En considérant la poutre en fer et béton comme constituée d'éléments analogues à ceux qu'on trouve dans une poutre entièrement métallique à treillis en N, M. Chaudy montre immédiatement que. par celà même, les méthodes de calcul à appliquer sont, pour les poutres en fer et béton de n'importe quelle forme, les mêmes que celles qu'on applique pour les poutres entièrement métalliques. Dans ces calculs, on prend pour moment d'inertie celui qui est donné par les deux membrures métalliques et on néglige la part que donne le béton dans les sections où il ne se fend pas. De cette manière, on voit bien que l'on se place dans des conditions telles que le travail calculé pour le fer sera plus grand que le travail réel. On constate, en effet, que les flèches prises par les poutres en béton et fer sont plus faibles que celles des poutres entièrement métalliques dans les mêmes conditions de charge, de hauteur de poutre et de moment d'inertie. Cela indique que le béton apporte son appoint dans la résistance, mais M. Chaudy estime qu'il l'apporte en travaillant à des taux trop élevés pour qu'on puisse être certain que ces taux se conserveront toujours. Il faut craindre que le béton travaillant à des taux élevés à l'extension, (ce qui est la cause des faibles flèches constatées) ne finisse un jour ou l'autre par se rompre. Ce serait aussi peu sûr de compter ici sur du béton travaillant à l'extension à 20 ou 40 *kg* par centimètre carré que de compter sur du fer travaillant à 15 *kg* par millimètre carré dans une construction exclusivement en métal, et cependant le fer ne se rompt qu'à 35 *kg*.

Ainsi, la méthode de M. Chaudy ne tient pas compte de ce que peut

donner le béton comme résistance propre à l'extension par cette raison que le béton, pour suivre le fer, est obligé de résister à des taux trop élevés qui, sans atteindre la rupture en certains points, sont cependant trop près de la rupture.

La poutre en fer et béton telle que la compose M. Chaudy renferme moins de fer que la poutre d'égale résistance entièrement en fer, parce que la hauteur de cette dernière est plus faible.

Avec les poutres en béton et fer on peut atteindre des écartements plus grands entre les membrures, parce que les étriers constituent une âme plus résistante au flambage que celle de la poutre entièrement métallique.

M. Chaudy indique que les dalles et parois fléchies sont constituées par lui de la même manière que les poutres, c'est-à-dire avec deux membrures métalliques identiques réunies par une crémaillère remplaçant les étriers pour empêcher l'augmentation de l'écartement entre ces membrures. Pour des dalles peu chargées ou de faible portée, on peut supprimer la membrure métallique comprimée qui est remplacée alors par une membrure en béton seul, mais on conserve les crémaillères réunissant la membrure métallique à cette membrure en béton. Enfin, pour des dalles d'une importance moindre encore, on ne laisse plus subsister qu'une seule membrure métallique sans crémaillère.

Pour terminer, M. Chaudy fait connaitre que les poutres et les dalles de son système sont construites par la Société de Travaux en ciment de La Plaine Saint-Denis qui a exécuté dernièrement, sous la direction de M. Roubaud, à l'Exposition Universelle, un plancher destiné à supporter des charges de 1 000, 1 500 et 2 000 *kg* par mètre carré et l'escalier circulaire à double révolution du pavillon du Cambodge, dans lequel les contremarches font l'office de poutres ; les marches sont des dalles à une seule membrure métallique composée de fils qui se redressent verticalement pour servir de montants aux poutres-contremarches.

M. le Président remercie M. Chaudy de l'exposé qu'il vient de faire de sa méthode de calcul des poutres en fer et ciment, et lui demande s'il a eu l'occasion de faire des essais pratiques permettant de comparer la résistance d'une poutre métallique et d'une poutre en fer et ciment de même force d'après le calcul.

M. F. Chaudy répond que cette occasion ne s'est pas présentée et, à ce sujet, il forme le souhait que le laboratoire que l'on va fonder à l'École Centrale puisse être doué de moyens suffisants pour permettre, non seulement aux élèves et aux anciens élèves, mais à tous les Collègues, de faire des expériences du plus haut intérêt, surtout dans cette question. Il croit que l'on pourrait faire les frais d'appareils destinés à la mesure dans un laboratoire comme celui-là. Ce sont surtout les appareils destinés à la mesure, et les conditions de cette mesure qu'il faudrait mettre sous le contrôle d'un grand nombre de savants.

M. le Président répond que ce vœu sera enregistré et ouvre la discussion sur les trois communications que l'on vient d'entendre.

M. E. Coignet rappelle que, dès 1894, M. de Tedesco et lui, dans une communication faite à la Société, ont appelé l'attention sur l'im-

portance du rôle joué par les attaches. Dans tous les travaux qu'il a faits, les attaches ont toujours été employées ainsi que les indique M. Chaudy.

M. Coignet ajoute que, suivant lui, les poutres de M. Chaudy ne sont pas économiques, car il arrive, avec le coefficient de travail qu'il applique, à employer autant de fer que dans les constructions entièrement métalliques.

M. F. Chaudy répond que c'est la pratique seule qui pourra indiquer la valeur réelle à donner au coefficient, et cite, à ce sujet, la conférence faite par notre ancien président, M. Contamin, sur cette question de la valeur pratique à appliquer aux coefficients, dans les constructions métalliques.

D'autre part, M. Chaudy a mis en évidence que les poutres en fer et ciment de son système, pour être économiques au plus haut degré possible, doivent être plus hautes que les poutres entièrement métalliques placées dans les mêmes conditions de portée et de charge. On peut augmenter la hauteur d'une poutre en fer et ciment parce que l'âme de cette poutre présente un plus grand moment d'inertie, dans le sens de son épaisseur, que celui de l'âme de la poutre entièrement métallique de même résistance au moment fléchissant et à l'effort tranchant.

M. Georges Marié croit qu'on pourrait peut-être concilier les opinions de MM. Coignet et Chaudy ainsi qu'il suit : on pourrait appliquer les calculs de M. Chaudy, tout en faisant travailler parfois le fer à 15 *kg* par *mm*², au lieu d'un chiffre moindre, pour tenir compte de la façon un peu mystérieuse par laquelle le béton vient en aide au fer, même dans la partie de la poutre qui travaille à l'extension ; ce ne serait qu'un calcul approché, mais pouvant rendre des services en attendant une théorie plus exacte du système mixte de béton armé. M. Marié croit, en outre, devoir appeler l'attention de la Société sur une anomalie apparente qui semble résulter d'une intéressante communication de M. de Tédesco (Compte rendu de la Société, de janvier 1899). M. de Tédesco a rappelé que, d'après les expériences du laboratoire des Ponts et Chaussées, *le plus grand allongement* d'une éprouvette de ciment est de 1/8 de millimètre par mètre. M. de Tédesco dit, plus loin, que *les applicateurs de ciment prévoient quatre fois moins de métal que ne l'exigerait l'allongement théorique maximum de l'agglomérant.*

M. Marié croit devoir insister sur cette anomalie : Un calcul bien simple montre qu'avec ce minime allongement de 1/8 de millimètre par mètre, le fer ne travaille qu'à 2,5 *kg* par millimètre carré; d'autre part, il paraît peu probable que le béton de ciment s'allonge plus que le ciment lui-même, avant de se rompre, quoique la chose ne soit cependant pas absolument impossible.

Il semblerait donc résulter de tout cela que le béton devrait être rompu ou fissuré, dans ses parties soumises à l'extension, aussitôt que le fer travaille à 2,5 *kg*, c'est-à-dire bien avant que le fer ne subisse l'effort qu'on veut exiger de lui. Peut-on admettre que le béton armé puisse subir *sans se fissurer* un allongement par mètre bien supérieur au ciment seul et non armé? Comment explique-t-on cela?

M. Marié estime que c'est là un des points les plus obscurs de la théorie des poutres en ciment armé; il demande à M. de Tédesco s'il peut apporter quelque lumière sur cette anomalie apparente.

M. de Tédesco rappelle que M. Considère a fait une série d'expériences sur cette question. Les rapports en ont été publiés dans toutes les revues techniques où on peut les trouver. M. Considère, dans ses expériences, a démontré que lorsque le ciment est armé de fer, d'une certaine façon, il peut s'allonger dix fois plus.

M. F. Chaudy répond que les expériences de M. Considère ont porté sur du ciment pur tandis que, dans les constructions dont il est question, il s'agit de béton de ciment et de fer. Les deux cas ne sont donc pas comparables.

D'ailleurs, M. Chaudy suppose dans sa théorie, comme cela se produit réellement, que le béton se fend là où s'exercent les plus grands moments fléchissants, et il ne tient pas compte de la résistance du béton à la traction dans les parties où le béton ne se fend pas.

Sur la question du coefficient de travail du fer à appliquer, M. Chaudy fait remarquer que, dans les poutres entièrement en métal, on a l'habitude de faire travailler celui-ci à 6 ou 9 *kg* selon qu'il s'agit de constructions de premier ordre ou de constructions industrielles économiques. La résistance qui correspond à la limite d'élasticité est cependant de 18 *kg*. Si on reste ainsi très en dessous de ce nombre, c'est qu'on craint, non pas une flèche trop grande, mais tout particulièrement le renversement de l'âme en même temps que le flambage de la membrure comprimée. Pour que cette membrure ne flambe pas, il faut, en effet, que l'âme ait une résistance suffisante. Ce flambage est beaucoup moins à craindre dans les poutres en fer et béton de son système que dans les poutres entièrement métalliques. On peut donc, rationnellement, faire travailler le métal des poutres en fer et ciment à un taux plus élevé que 6 ou 9 *kg* selon le cas. L'économie de ses poutres peut donc encore résulter, comme le pense M. Marié, de l'augmentation du travail dans le système fer et béton par rapport au travail dans le système fer exclusivement, les poutres ayant même hauteur dans les deux systèmes.

M. E. Badois appelle l'attention sur un point qui lui paraît important à signaler. Dans la théorie de M. Chaudy, la fibre neutre est toujours supposée au milieu de la poutre. Or, il se passe quelque chose d'analogue à ce qui existe dans la poutre en fonte. Dans cette dernière, la résistance par unité de surface est moindre à l'extension qu'à la compression: aussi il y a prépondérance de matière à l'aile subissant la traction, et, en général, la fibre neutre n'est pas au milieu. Dans la poutre en béton et en fer, on n'est pas sûr où est la fibre neutre, mais on ne peut *a priori* la supposer au milieu de la poutre, puisque les résistances du ciment à la traction et à la compression sont très différentes, beaucoup plus que dans la fonte.

Il faut aussi tenir compte de l'influence qu'exerce le ciment en enrobant le fer. Le fer ne travaille pas de la même manière, lorsqu'il est enrobé de ciment, que lorsqu'il est seul. Il se produit une adhérence,

et le ciment participe de l'effort subi par le fer. Les phénomènes qui se produisent de ce fait ne sont pas encore parfaitement élucidés, et il est bon d'appeler l'attention sur ce point resté obscur, malgré les expériences de M. Considère et la théorie de M. Harel de la Noé, parue en 1889 dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

M. Chaudy répond que le métal a un coefficient d'élasticité bien défini et qu'il est loin d'en être de même pour le béton. D'autre part, la résistance de ce dernier à la traction n'est pas assez grande et il vaut mieux ne pas en tenir compte dans le calcul, puisqu'on dépasse en beaucoup de points le travail qui correspond à la limite d'élasticité et celui qui correspond à la rupture. Dans ces conditions on trouve, il est vrai, pour le métal, un travail plus fort que celui qui se produit réellement, mais cela vaut mieux que de risquer d'obtenir le contraire par l'emploi d'une méthode où entrerait un coefficient d'élasticité du béton, c'est-à-dire un *rapport constant* entre la résistance et le déplacement élastique, qui n'existe peut-être pas et qui, en tout cas, est bien incertain.

M. A. Dallot constate que les calculs et les théories établis sur les constructions métalliques permettent d'arriver à une précision qui donne à la pratique toute espèce de satisfaction. On a donc le droit d'admettre que ces calculs sont rigoureux.

Il n'en est pas de même pour les calculs sur les poutres de ciment armé, qui, suivant lui, sont illusoires.

M. le Président se félicite de l'ampleur prise par cette discussion et remercie à nouveau les trois conférenciers qui ont bien voulu exposer devant la Société les résultats de leurs travaux.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. F. Brunswick, M. Cassin, J. Ellissen, R. Ellissen, A. Frondière, G. Mareschal, L. Parvillée, J. Rodriguez-Lacomme, G. Rose, J. Vivier comme Membres Sociétaires, et de

MM. P. Hanzer, F. de Sola comme Membres Associés.

MM. H. Amand, H. Herrenschmidt, S. Lacube, A. Nessi, E. Nessi, G. da Silveira sont reçus Membres Sociétaires.

MM. L. Duvignau de Lanneau et L. Virey Membres Associés.

La séance est levée à minuit et demi.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 22 JUIN 1900

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 9 heures.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des Statuts, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport semestriel sur la situation financière et s'exprime ainsi :

SITUATION AU 31 MAI 1900

Messieurs,

Le 1er décembre 1899, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 460
Du 1er décembre 1899 au 31 mai 1900, les admissions ont été de	164
formant un total de	3 624
Pendant le même laps de temps, la Société a perdu, par suite de décès, démissions, radiations	49
Le total des Membres de la Société au 31 mai 1900 est ainsi de	3 575

Par conséquent, le nombre des Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France a augmenté de 115 pendant le premier semestre.

Le Bilan au 31 mai 1900 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le fonds inaliénable . . . . Fr.	184 002	70
2° Les espèces en caisse	7 235	25
3° Les débiteurs divers.	66 862	66
4° Les valeurs amortissables	2 500	»
5° La bibliothèque	11 000	»
6° L'immeuble	1 091 798	93
Total. . . . . Fr.	1 363 399	54

BILAN AU 31 MAI 1900

ACTIF

1° Fonds inaliénable :		
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . . Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo, 19 obligations du Midi	6 000 »	
c. Legs Giffard, 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan, 1 titre de rente 3 0/0.	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux, 11 obligations du Midi. .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
h. Legs Roy	873,50	
i. Legs de Hennaü.	97 134,40	
		184 002,70
2° Caisse : Solde disponible . . . . Fr.		7 235,25
3° Débiteurs divers :		
Cotisations 1900 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0)	8 339 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt . .	54 418,66	
Divers.	4 105 »	
		66 862,66
4° Valeurs amortissables. . . . . Fr.		2 500 »
5° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.		11 000 »
6° Immeuble :		
Mobilier ancien . . . . Fr.	6 500 »	
Terrain et frais.	398 660,30	
Terrasse	10 108 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	169 810,40	
Charpente, fer et bois	131 011,19	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	19 820,95	
Canalisation, pavage et divers	12 133,36	
Couverture et plomberie.	28 794,40	
Fumisterie.	30 151,75	
Serrurerie.	58 036,73	
Menuiserie, parquets	62 349,17	
Peinture, vitrerie.	31 257,60	
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	37 373,28	
Ameublement et matériel.	47 917,59	
Divers Hôtel.	2 090 »	
Honoraires.	31 404,21	
Travaux Immeuble	14 300 »	
		1 091 798,93
Fr.		1 363 399,54

PASSIF

1° Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours . . . . Fr.	1 500 »	
Créditeurs divers.	48 187,45	
		49 687,45
2° Prix divers 1900 et suivants :		
a. Prix Annuel . . . . Fr.	400 »	
b. Prix Nozo.	957,60	
c. Prix Giffard 1899, prorogé 1902	5 000 »	
d. Prix Giffard 1902	1 886,40	
e. Prix Michel Alcan	337,50	
f. Prix François Coignet	375 »	
g. Prix Alphonse Couvreux	237,60	
		9 194,10
3° Emprunt		600 000 »
4° Coupons échus et à échoir :		
Nos 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897 . . Fr.	42,20	
N° 3. — 1er juillet 1897.	36,80	
N° 4. — 1er janvier 1898	65,15	
N° 5. — 1er juillet 1898.	235,70	
N° 6. — 1er janvier 1899	282,45	
N° 7. — 1er juillet 1899.	1 119,40	
N° 8. — 1er janvier 1900	2 308,45	
N° 9. — 1er juillet 1900.	11 008 »	
		15 098,15
5° Fonds de secours . . . . Fr.		176,35
6° Exposition		35 000 »
7° Immeuble. Travaux en cours sur ledit . . . . Fr.		17 186,56
Fr.		726 342,61
Avoir de la Société.		637 056,93
Fr.		1 363 399,54

Le Passif se compose de :

1° Les créditeurs divers	Fr.	49 687 45
2° Les prix divers de 1900 et suivants		9 194 10
3° L'emprunt.		600 000 »
4° Les coupons		15 098 15
5° Le fonds de secours.		176 35
6° L'Exposition de 1900 et les réceptions.		35 000 »
7° L'immeuble et travaux en cours sur ledit		17 186 56
	Fr.	726 342 61
Avoir de la Société.		637 056 93
TOTAL	Fr.	1 363 399 54

Nous allons maintenant passer rapidement en revue les divers chapitres du bilan.

ACTIF :

Les comptes *Fonds Inaliénable*, *Caisse*, *Débiteurs divers*, *Valeurs amortissables*, *Bibliothèque*, ne présentent aucun changement important et n'appellent aucune observation.

Le compte *Immeuble* a subi une légère augmentation de 2 962,95 *f*, provenant de divers travaux d'amélioration et achat d'objets pour l'exploitation de l'immeuble.

PASSIF :

Le compte *Créditeurs divers* a subi une réduction de 4 041,61 *f*, provenant de certaines sommes que nous avons payées et, pour le surplus, de certains travaux exécutés, que nous avons passés au compte *Immeuble, travaux en cours*, que vous retrouverez plus bas.

Les comptes *Prix divers*, *Emprunts*, *Coupons*, n'appellent aucune observation.

Le compte *Fonds de secours* ne présente actuellement qu'un crédit très faible, mais il y a lieu de remarquer qu'aussitôt que l'autorisation nous en aura été donnée par l'Administration supérieure, nous pourrons passer à ce compte les intérêts provenant du legs qui nous a été fait, au nom de M. Henri Schneider, par la famille de ce dernier.

Nous n'avons pas encore fait état des sommes (capital) mises à notre disposition, parce que nous n'avons pas encore l'autorisation susindiquée.

Mais je tiens à rappeler ici que c'est grâce au bon vouloir et à la générosité de M. Eugène Schneider et de ses cohéritiers que notre Société a pu bénéficier, dans une si large mesure, des intentions verbales que notre regretté et éminent collègue, M. Henri Schneider, avait manifestées de son vivant.

Exposition de 1900. — Conformément à la décision du Comité, nous avons ouvert un compte spécial pour les frais de réceptions et divers de l'Exposition.

Ce compte s'élève à la somme de 35 000 *f*, dont 10 000 provenant de la souscription *Cinquantenaire* que nous avions, dès l'année précédente, mise en réserve à ce compte spécial, et, pour le surplus, soit 25 000 *f*, d'un prélèvement d'une somme équivalente sur notre actif; c'est donc une diminution de notre avoir de 25 000 *f* que nous devons enregistrer ici.

Enfin, le compte *Immeuble*, ainsi que nous l'avons dit plus haut, s'est augmenté légèrement, par suite de l'inscription à ce compte du montant de mémoires que nous avions provisoirement passé au compte *Créditeurs divers*.

Permettez-nous, Messieurs, de vous faire remarquer que nous sommes actuellement au milieu de l'année; que, par suite, les résultats que nous venons d'indiquer ne sont qu'approximatifs, notre bilan ne pouvant porter que sur la moitié d'une année dont les opérations sont en cours.

Il est évident, en effet, que, par suite de l'Exposition, ce n'est qu'à la fin de l'exercice courant qu'il nous sera possible de vous présenter, comme tous les ans, du reste, un bilan qui soit l'expression de la réalité.

Cependant, il faut remarquer que nous pouvons, comme les années précédentes, espérer trouver, en fin d'exercice, un excédent des recettes ordinaires sur nos dépenses ordinaires de 20 à 25 000 *f*, ce qui est depuis quelques exercices notre excédent annuel moyen.

Le premier semestre, en effet, montre que l'excédent de nos *recettes normales* sur nos *dépenses normales* est actuellement de 12 890,05 *f*.

Il ne faut pas oublier que nous devons, avant toutes choses, affecter tous ces excédents, *présents* ou *à venir*, au remboursement et à l'amortissement des emprunts et comptes spéciaux qui figurent actuellement au compte *Créditeurs divers*, dont nous vous avons entretenus déjà dans nos rapports précédents.

Nous aurons ensuite, et dès que l'amortissement de ces emprunts aura été effectué, à nous préoccuper de commencer, en 1902, à amortir notre emprunt principal de 600 000 *f*.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprète de la Société en adressant à M. de Chasseloup-Laubat les remerciements les plus sincères pour le dévouement avec lequel notre sympathique Trésorier ne cesse de prodiguer son temps à la Société, et pour la façon dont, grâce à lui, les résultats obtenus, chaque année, vont sans cesse en s'améliorant. (*Approbation unanime.*)

M. le Président rappelle que dans l'Assemblée générale semestrielle de ce jour doivent être proclamés les lauréats des Prix Annuel et Nozo.

Il a le plaisir de faire connaître que le Prix Annuel a été attribué par le Jury, à M. F. Brard, pour son *Étude sur les pertes de l'Avre et de ses affluents*.

M. le Président est certain que tous les Membres de la Société applaudiront à ce choix. Le travail de M. Brard a nécessité de longues recherches et de patientes études sur place ; il jette un jour nouveau sur cette question de l'alimentation des eaux si importante pour l'hygiène publique. La Société ne peut que remercier M. Brard de lui avoir apporté le résultat de ses études consciencieuses et si intéressantes. *(Vifs applaudissements.)*

M. le Président ajoute qu'il ne peut remettre la médaille d'or du Prix Annuel à M. Brard, car ce dernier remplit en ce moment une mission à la Guyane ; mais notre collègue va être informé de la décision qui le concerne.

M. le Président annonce ensuite que le Prix Nozo a été attribué par le Jury à M. R. Soreau pour l'*Ensemble de ses travaux* et notamment son *Mémoire sur la navigation aérienne.*

M. le Président n'a pas à faire l'éloge de M. R. Soreau dont chacun a pu apprécier le brillant et remarquable talent de conférencier, grâce aux nombreuses communications dans lesquelles notre Collègue a exposé devant la Société les résultats de ses travaux et de ses recherches scientifiques.

Il est heureux de pouvoir l'en remercier au nom de la Société en lui remettant la médaille d'or du Prix Nozo. *(Applaudissements répétés.)*

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 22 JUIN 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

A l'occasion du procès-verbal de la dernière séance, M. L. Griveaud a adressé la lettre suivante :

« Le 20 juin 1900.

» Monsieur le Président,

» En lisant le compte rendu de la séance du 1er juin, de notre Société,
» je ne puis m'empêcher de faire quelques remarques aux communica-
» tions, fort intéressantes d'ailleurs, de MM. Flament, Coignet et
» Chaudy sur les constructions en ciment armé.

» 1° Pourquoi adopte-t-on dans les calculs de stabilité de ces ou-
» vrages, un coefficient de sécurité aussi faible ? Dans les charpentes en
» fer ou en acier, la fatigue maximum du métal peut atteindre, il est
» vrai, le sixième et même le quart de la limite de rupture ; mais il
» s'agit là de constructions parfaitement calculables, exécutées avec des
» matériaux homogènes. Pour la fonte, le bois ou les pierres, le coeffi-
» cient de sécurité atteint le chiffre 10, et il me semble qu'il serait

» prudent d'adopter au moins ce même coefficient de 10 pour les constructions en ciment armé, étant donnée la nature excessivement capricieuse de la matière et, aussi, l'impossibilité complète de se rendre compte des malfaçons. Des études fort savantes montrent que la résistance du ciment augmente graduellement pendant la première année, mais au bout de ce temps le diagramme de cette résistance semble plus incertain ; la composition chimique et les procédés de fabrication jouent alors un rôle très important et je me demande si, après 10 ou 20 ans par exemple, une poutre droite en ciment armé qui s'est fort bien comportée aux essais, présentera encore une résistance suffisante.

» 2° La monolithie dans les grandes constructions en ciment armé n'est-elle pas un inconvénient? Les variations de température ne produisent-elles pas des tensions anormales? Puis un tassement inégal des fondations, ce qui est absolument indépendant de la volonté du constructeur, peut se produire et avoir des conséquences très regrettables en plaçant la construction dans des conditions d'équilibre et de tensions latentes fort préjudiciables. Ne serait-il pas plus rationnel de renoncer aux encastrements et d'établir quelques articulations, par exemple des rotules ou des joints en métal tels que les préconise M. Tavernier pour les ouvrages en maçonnerie?

» 3° La théorie émise par M. Chaudy ne me semble pas exacte. Il faudrait, en effet, que les diagonales de ciment pussent être isolées et articulées à leurs extrémités, car sans cela il faut compter sur la *rigidité de l'assemblage* et calculer, outre l'effort de compression, l'effort secondaire de flexion que ces diagonales ont à supporter ; l'âme pleine d'une poutre métallique ne se calcule pas d'ailleurs en traçant sur sa surface des croisillons fictifs. D'autre part, les charges ne sont pas concentrées au-dessus des étriers, elles sont distribuées sur la membrure supérieure suivant une loi quelconque et je crois ainsi que *toutes* les sections transversales de la poutre doivent résister à un effort tranchant.

» Quant aux questions de rapidité d'exécution et de prix, quelques exemples que j'ai eu l'occasion de voir récemment m'ont démontré que ces avantages du ciment armé sont très discutables et souvent illusoires, toutes autres choses égales d'ailleurs ; mais j'entends expressément ne parler ici que des *poutres droites* soumises à un moment fléchissant relativement grand, pour les piliers et les arcs qui supportent un effort principal de compression et un moment de flexion très faible, le béton de ciment armé est peut-être un excellent matériau.

» J'ai vivement regretté de ne pouvoir assister à la séance du 1er juin, je soumets néanmoins ces observations pour qu'il y soit donné telle suite qu'il convient. Et pour terminer j'appuierai le vœu de M. Chaudy, c'est-à-dire que, suivant l'exemple de nos Collègues les Ingénieurs et Architectes d'Autriche, nous fassions dans un laboratoire ou atelier bien aménagé de sérieuses et nombreuses expériences qui jetteront peut-être un peu de lumière sur ce sujet encore bien obscur.

» Veuillez agréer, etc...

» Léon Griveaud. »

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. A.-J. Montigny, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers, 1852; membre de la Société depuis 1880, Ingénieur-Constructeur;

M. O. Ossent, membre de la Société depuis 1898; s'est occupé spécialement de travaux de chemins de fer et d'alimentation d'eau; était en dernier lieu chargé par la Société d'études des chemins de fer en Chine, du tracé de la concession Pekin-Hankow. M. Ossent vient de trouver la mort dans des circonstances tragiques avec d'autres Ingénieurs massacrés en Chine, au cours de la révolte actuelle;

M. Thuile, membre de la Société depuis 1894; il venait, après de longues études, de réaliser la construction d'une locomotive à 2 boggies destinée à remorquer les trains à la vitesse normale de 120 *km*. Au cours des essais qui se faisaient sur le réseau de l'Etat, il y a quelques jours, notre collègue s'étant penché du côté extérieur, pour s'assurer du fonctionnement des organes en mouvement, eut la tête fracassée par la pile d'un pont; les circonstances particulièrement tragiques de cette mort nous rendent plus pénible encore la perte de ce distingué Collègue.

M. le Président adresse au nom de la Société l'expression de notre respectueuse sympathie aux familles des Collègues dont il vient de donner les noms.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que:

M. G. Richard a été nommé Officier de l'Instruction publique;

M. J.-P.-A Meyer a été nommé Officier d'Académie;

M. Moisant a été nommé Président de la Chambre de Commerce de Paris, en remplacement de M. Masson récemment décédé. M. le Président est heureux de se faire l'interprète de la Société en adressant à M. Moisant de vives félicitations pour le poste éminent auquel il a été désigné par le choix de ses Collègues.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Parmi ces ouvrages il signale plus spécialement :

1° Etude sur les habitations à bon marché en France et à l'étranger, par M. Ch. Lucas ;

2° Un ouvrage de M. Da Cunha sur l'Exposition de 1900;

3° Le carnet du chauffeur, par MM. M. de La Vallette et L. Périssé.

M. le Président porte à la connaissance des Membres de la Société les avis suivants :

1° Une conférence-visite organisée par l'École internationale de l'Exposition (groupe français) aura lieu samedi 20 juin, à 10 h. 1/4 du matin, à l'Exposition;

A cette conférence-visite, notre Collègue, M. Baignères traitera la question de l'éclairage électrique à l'Exposition.

2° Une excursion organisée par la « Construction moderne » aura lieu au Mont Saint-Michel, les 5 et 6 août prochains.

3° Le meeting de l'Iron and Steel Institute aura lieu à Paris les 18 et 19 septembre prochains sous les auspices de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

4° L'Association des Industriels de France contre les accidents du travail a ouvert un concours international de gants isolants protecteurs pour les ouvriers électriciens.

5° Le IIIe Congrès international d'acétylène s'ouvrira à Paris du 22 au 28 septembre 1900.

Les documents se rapportant à ces divers avis sont déposés au Secrétariat.

M. le Président annonce que notre nouveau collègue, M. Boyau, a fait à la Société un don de 100 francs. Il lui adresse tous les remerciements de la Société.

M. le Président dit que par suite de modifications apportées au numérotage des portes d'entrée à l'Exposition, le plan envoyé le mois dernier n'est plus exact. Il engage nos Collègues à bien s'assurer, lors des promenades-visites, du numéro nouveau affecté à la porte indiquée comme lieu de rendez-vous dans le programme ancien des conférences.

Il signale en outre que la conférence de MM. P. Masson et Rochefort, sur la typographie, la gravure, et les machines à imprimer, qui devait avoir lieu le 10 juillet, a été remise à une date ultérieure.

A la place de cette conférence, aura lieu le 10 juillet la suite de la conférence-visite du 21 juin, sur l'Architecture à l'Exposition, sous la direction de MM. G. Courtois, Da Cunha et Louisse.

Enfin, au sujet de la conférence-visite du jeudi 28 juin où notre Collègue, M. Hubou, doit parler des industries de l'éclairage autres que l'électricité, il y a lieu de faire les rectifications suivantes :

Le programme indique : rendez-vous Champ-de-Mars, Porte 27, avenue de Suffren ; or, cette entrée n'existe plus actuellement. Le rendez-vous est Porte 7 *bis*, rue de Constantine, près de l'extrémité de la rue de l'Université.

M. le Président dit que les réceptions de la première série qui comprenaient les Associations savantes et techniques d'Allemagne, d'Angleterre, d'Autriche et de Hongrie, du Canada et des États-Unis se sont terminées, mercredi 20 juin, par un banquet à l'hôtel Continental.

A ce banquet M. le Président a parlé au nom de la Société des Ingénieurs civils de France; plusieurs toasts ont été portés par les délégués étrangers dont les noms suivent :

M. Horace Bell, au nom des Sociétés d'Ingénieurs Anglais représentées ;

M. Ockerson, au nom de l'American Society of civil Enginers et de l'Engineers Club of Saint-Louis ;

M. le prof. F. Elgar au nom de l'Institution of naval Architects;

M. de Miklos, au nom des Ingénieurs de Buda-Pest;

M. Diesel, Membre de notre Société, au nom de la Société des Ingénieurs allemands;

M. E. Pontzen, Membre du Comité, au nom de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne;

M. W.-C.-L. Eglin, au nom de l'Engineers Club of Philadelphia.

En outre, à l'issue du banquet, nous avons reçu un télégramme de la Société des Ingénieurs et Architectes du royaume de Bohême qui, pour des raisons indépendantes de leur volonté, n'avaient pu envoyer de délégués.

Cette Société félicite les Ingénieurs français du succès de l'Exposition et exprime tous ses regrets de ne pas être représentée à nos fêtes.

M. le Président rappelle que la deuxième série des réceptions offertes aux délégués des Sociétés étrangères doit commencer le 29 juin; il insiste auprès des Membres de la Société pour les engager à ne pas trop tarder à faire parvenir leur adhésion.

Il importe, en effet, que nous soyons en aussi grand nombre que possible afin de permettre l'organisation d'une réception digne de nos invités et de la Société des Ingénieurs civils de France.

M. le Président ajoute qu'avant cette première série d'invités, notre Société avait reçu, le 5 juin dernier, dans son hôtel, la Société des Ingénieurs, anciens élèves de l'École polytechnique de Zurich. M. le Président avait ouvert la séance en apportant les souhaits de bienvenue de la Société.

Au banquet donné par cette Association, M. Brüll avait bien voulu remplacer notre Président retenu par un engagement antérieur.

M. Brüll a porté au nom de la Société un toast chaleureux à nos Collègues de Suisse, que M. Canet a pu le soir même venir retrouver avant leur séparation définitive.

M. le Président donne la parole à M. Mesureur, pour une information intéressante, relative à notre regretté ancien Président, M. Gottschalk.

M. J. Mesureur dit que M. Gottschalk, notre très distingué Collègue et ancien Président, a été, pendant un certain nombre d'années, Membre du Conseil d'administration du réseau de l'État. Son souvenir y a été, comme parmi nous, très marquant; et, en raison des services qu'il a rendus, l'Administration des Chemins de fer de l'État a décidé, d'une part, que son portrait serait placé dans la salle des délibérations du Conseil; d'autre part, qu'une des locomotives nouvelles qui viennent d'être mises en service porterait le nom de M. Gottschalk. Cet hommage mérité rendu à l'un de ses anciens Présidents sera hautement apprécié par la Société des Ingénieurs civils. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Mesureur d'avoir bien voulu faire connaitre cette marque d'estime rendue à M. Gottschalk; la Société y est très sensible.

L'ordre du jour appelle la communication de M. P. Jannettaz sur les *Convertisseurs pour cuivre.*

M. P. Jannettaz commence par un rapide exposé des principes sur lesquels est fondée la métallurgie du cuivre, puis il retrace l'historique

des tentatives qui ont été faites pour appliquer l'appareil de Bessemer aux mattes cuivreuses, en montrant les difficultés spéciales au traitement de celles-ci.

C'est en France en 1880, à l'usine de Vedènes (Vaucluse), qui appartenait à M. Pierre Manhès et dont l'Ingénieur était notre collègue M. Paul David, que la solution du problème a été trouvée ; elle a consisté dans l'emploi de tuyères horizontales, placées un peu au-dessus du fond de l'appareil. Ce convertisseur à tuyères latérales a été rapidement appliqué à l'étranger.

Mais un nouvel appareil a bientôt été créé par les deux ingénieurs dont il vient d'être parlé : c'est le convertisseur cylindrique David et Manhès qui permet de faire varier la position des tuyères suivant la quantité de matière à traiter et de retirer. par suite, en une seule opération, le cuivre contenu dans les mattes malgré leur composition variable.

Les convertisseurs américains sont des variantes de ces appareils ; on a cherché à y adapter diverses modifications ; la plupart ont été malheureuses ; cependant l'augmentation des dimensions des appareils et leur maniement mécanique constituent un perfectionnement dans les fonderies où les quantités de matière à traiter sont considérables, comme cela a lieu aux États-Unis.

Un nouvel appareil d'un type tout à fait différent et présentant de nombreux avantages sur les précédents a été créé il y a trois ans ; c'est *le Sélecteur Paul David*, qu'expose, dans la section de métallurgie, la Société des Cuivres de France, dont notre Collègue a longtemps dirigé les usines.

M. Jannettaz décrit le sélecteur et les différentes phases d'une opération en faisant projeter une série de vues. Il insiste sur la forme sphérique de l'appareil, l'inclinaison de son axe de rotation sur l'horizontale, la position des tuyères placées au fond du bain et dirigées suivant les génératrices d'un hyperboloïde, la poche latérale où l'on réunit un *bottom* ou fond cuivreux qui entraine une grande partie des métaux étrangers renfermés dans la matte et notamment tout l'or contenu. De ces dispositions résulte une épuration du métal obtenu, la concentration de l'or dans une petite masse et une économie importante par suite de la rapidité des opérations.

On voit donc que *le Sélecteur* est un des appareils qui, à l'Exposition méritent le plus d'attirer l'attention des métallurgistes.

M. Mesureur dit qu'en effet l'appareil de M. Paul David est très remarquable et a fait à l'Exposition une grande impression.

M. le Président remercie M. P. Jannettaz pour sa communication dont l'exposé a été si clair et si intéressant et donne la parole à M. de Gennes pour sa communication sur l'*Abatage mécanique de la houille aux Etats-Unis*.

M. A. de Gennes traite de l'état actuel de la question de l'abatage mécanique aux États-Unis.

Il divise les machines qui servent à ce travail, et qu'il appelle du

nom générique de ***Déhouilleuses***, en ***haveuses***, qui font des cavités horizontales (havage ou sous-cave) sous le massif de charbon; ***rouilleuses***, qui font des saignées verticales ou rouillures; ***perforatrices***, qui forent les trous destinés à l'abatage proprement dit à l'aide de moyens d'expansion variés; et ***chargeuses***, qui prennent le charbon abattu et le mettent dans les wagonets.

Il montre de nombreuses projections relatives à ces diverses classes de machines, dont il présente les types particuliers; il termine par un exemple de traction mécanique électrique. Il se met à la disposition de nos Collègues que cette question intéresserait pour leur donner des explications plus détaillées.

M. le Président remercie M. de Gennes d'avoir bien voulu nous apporter ces renseignements sur l'abatage des houilles. Il est certain que le remplacement du travail manuel par les machines est très intéressant, et que la production doit augmenter très sensiblement.

M. de Gennes répond qu'en effet la production est augmentée de 60 0/0. Quant au prix de revient, il diminue, par l'abatage mécanique, de 15 à 17 0/0 et par le trainage mécanique, de 3 à 6 0/0. Ces chiffres constituent une moyenne et il y a des exemples plus avantageux.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J. Albert, F. Elie dit Eliet, L. Perreau, F. Prestreau, C. Roggiapane comme Membres Sociétaires et de

M. M. Delastre comme Membre Associé.

MM. F. Brunswick, M. Cassin, J. Ellissen, R. Ellissen, A. Frondière, G. Mareschal, L. Parvillée, J. Rodriguez-Lacomme, G. Rose, J. Vivier sont reçus Membres Sociétaires et

MM. P. Hanzer, F. de Sola Membres Associés.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

TRAVAUX

DU

PORT EXTÉRIEUR DE BILBAO (1)

PAR

M. L. COISEAU

Les travaux du port extérieur de Bilbao font partie d'un ensemble de projets élaborés par l'Ingénieur en Chef des ponts et chaussées Don Evaristo de Churruca, directeur des travaux. C'est vers l'année 1878 que ces projets furent étudiés, tout au moins dans leurs grandes lignes, en ce qui concerne le port extérieur.

L'exécution du brise-lames, ou jetée de l'ouest, nous fut confiée par le Gouvernement, à nos collègues MM. Abel Couvreux, Félix Allard et moi, à la fin de l'année 1888, et plus tard, en janvier 1894, celle du contre-môle ou jetée de l'est.

Le montant de ces ouvrages s'élève à environ 38 700 000 pesetas.

C'est de ces travaux que nous allons vous entretenir ; mais avant de le faire, nous dirons un mot de la région de Bilbao et des travaux exécutés sur le Nervion.

Comme vous le savez, Bilbao est un des centres miniers de l'Espagne des plus importants ; l'extraction du minerai de fer atteint 6 000 000 *t* par an. A côté et comme conséquence, sont venues s'établir de nombreuses industries, des hauts fourneaux fournissant la fonte, le fer et l'acier aux laminoirs, des ateliers de construction de charpente en fer, de construction de navires, des fabriques de fer-blanc, de tubes, des tréfileries, des clouteries, des boulonneries, etc., etc., presque toutes réparties le long du Nervion.

C'est le pays de l'ingénieur par excellence.

L'exploitation des mines se fait à ciel ouvert, les procédés d'extraction ne présentent pas grand intérêt ; par contre les moyens de transport sont très variés. Il y en a de toute sortes

(1) Voir planche n° 233.

depuis la charrette à bœufs jusqu'aux chemins aériens, en passant par les chemins de fer à grande et petite voie, les plans inclinés, à câbles et à chaines flottantes.

Les moyens d'embarquement ne sont pas moins remarquables, beaucoup d'installations peuvent charger des navires de 2000 à 3000 *t* en 12 ou 15 heures.

Toutes ces mines et ces industries emploient un personnel considérable ; les relations avec Bilbao sont de tous les instants, aussi les moyens de communication sont-ils très nombreux. Il y a trois lignes de chemin de fer à traction à vapeur, deux sur la rive gauche et une sur la rive droite. Deux lignes de tramways électriques, une sur chaque rive *(fig. 1*, Planche 233*)*.

Il y a parfois sur la rivière une cinquantaine de navires en chargement et en attente. Tout cela donne une vie intense et particulièrement intéressante à ce pays.

Il n'y a, à proprement parler, point de port à Bilbao ; c'est la rivière qui en tient lieu depuis les temps les plus anciens. Elle serpente au milieu d'une vallée couverte de villages et des usines et des installations dont nous venons de parler. Deux petites villes, Portugalete, à l'ouest, et Las Arenas, à l'est, bordent son embouchure ; c'est entre ces deux centres que le premier pont-transbordeur a été construit, par notre collègue, M. Arnodin.

Si l'on remonte à l'année 1878, époque à laquelle ont été décidés les travaux pour l'amélioration de la rivière et de son embouchure, et que l'on consulte les mémoires publiés chaque année par M. l'Ingénieur en chef de Churruca, on voit que le tonnage des navires ayant fréquenté le port à cette date était de 1340000 *t*, pour passer à 2000000 *t* en 1879, puis successivement à 3, 4, 5 et 5775000 *t* en 1896 et se maintenir à peu près à ce chiffre pendant les années suivantes. Les importations entrent dans ce total pour environ 700000 à 800000 *t*.

Sur les 5000000 de tonnes restant pour l'exportation, 4800000 sont des minerais de fer.

Le port de Bilbao peut donc être compté, non seulement parmi l'un des plus importants de la péninsule, mais même du continent.

Pour arriver à ce résultat, il a fallu faire beaucoup de travaux et de dépenses.

Comme pour les autres ports de l'Espagne, la construction, l'exploitation et l'administration en général de celui-ci, sont confiées à une assemblée locale appelée Junta, tout en restant sous le contrôle de l'État, lequel intervient parfois dans les dépenses des

travaux par l'attribution de faibles subsides, mais en général c'est la Junta qui doit pourvoir aux moyens de les payer ; elle le fait à l'aide d'emprunts, garantis par les recettes provenant des taxes du port, qu'elle est autorisée à percevoir.

Composée d'hommes intelligents et expérimentés, à vues larges, qui connaissent bien les ressources et les besoins de leur pays, et savent vouloir, guidés dans l'élaboration et l'exécution des projets par un ingénieur d'un grand mérite et les conseils d'un contrôle aussi bienveillant que prompt dans ses décisions, la Junta ne pouvait que faire prospérer le port ; nous allons voir comment son ingénieur, à la suite de longues et patientes études, est arrivé à en faire ce qu'il est aujourd'hui et à préparer ce qu'il sera demain.

Le premier travail exécuté fut l'amélioration de la rivière et de l'embouchure. Notre collègue, M. de Cordemoy, a déjà entretenu la Société de ce travail en 1888 ; il n'a été achevé qu'en 1890. Nous le rappellerons en quelques mots.

Jusqu'en 1878, la rivière coulait dans un lit irrégulier, présentant des coudes brusques et des seuils, qui rendaient la navigation impossible aux navires calant plus de 3 *m* à 3,50 *m* (10 à 12 pieds). L'embouchure, protégée par des quais, l'un devant Portugalete et l'autre devant Las Arenas, espacés d'environ 160 *m*, était obstruée par une barre. L'amplitude de la marée varie de 4,60 *m* en marées équinoxiales à 1,25 *m* en marées de morte eau. Le niveau moyen des pleines mers d'une année est de 3,58 *m*.

A partir de ce moment, on travailla à sa régularisation : les coudes trop brusques furent remplacés par des coupures à rayons assez grands pour permettre sans danger le passage des navires ; des endiguements dans les parties trop larges ramenèrent le lit à des proportions convenables, enfin des dragages en abaissèrent les hauts-fonds. Aujourd'hui la profondeur d'eau est de plus de 4 *m* sous marée basse de Bilbao à l'embouchure.

Les sables formant la barre provenaient, pour une très petite quantité, de la partie supérieure de la rivière, et en majorité de la plage de Las Arenas et un peu aussi de celle d'Algorta située sur la rive droite de la baie. Quant à la rive gauche, elle est entièrement rocheuse et exempte de sables.

Le régime de la barre était caractérisé par le transport continu, par les courants, du sable de la plage de Las Arenas de l'est vers l'ouest ; les lames de tempête du nord-est et le jusant le ramenaient en sens inverse.

Après un examen et une étude approfondis et la comparaison de cartes de diverses époques, M. de Churruca était arrivé à cette conclusion : que les dépôts étaient peu importants, qu'ils résultaient de l'érosion des falaises de la rive droite de la baie et qu'il était possible de lutter contre leur envahissement *(fig. 2)*.

Avant l'exécution des travaux, la rivière se creusait difficilement un lit sur la barre, celle-ci formait un plateau d'environ 200 *m* de longueur sur lequel il n'y avait qu'un mètre d'eau à marée basse. Le mouvement des sables poussait continuellement le chenal vers l'ouest ; de ces observations M. de Churruca arriva à cette conclusion : qu'il fallait fixer le chenal du côté de l'ouest pour empêcher les sables de le repousser plus loin, et en même temps le soustraire à l'influence des tempêtes du nord-ouest et que, pour ce faire, il fallait prolonger le môle de la rive gauche suivant une ligne légèrement courbe. Cet ingénieur écrivait en 1879 qu'il pensait obtenir un chenal permanent et dont la profondeur ne serait pas moindre de 3 *m* et même 3,50 *m* sous basses mers, si l'on exécutait le dragage de la rivière et la partie de l'endiguement qui lui manquait. Il motivait ses espérances sur les raisons suivantes :

1° La force du courant se conserverait mieux à l'abri de la prolongation de la jetée ;

2° Son effet serait encore favorisé par la forme concave ;

3° Le chenal étant abrité des vents dominants par le môle, la tendance du courant à se porter à gauche rencontrerait moins d'obstacle ;

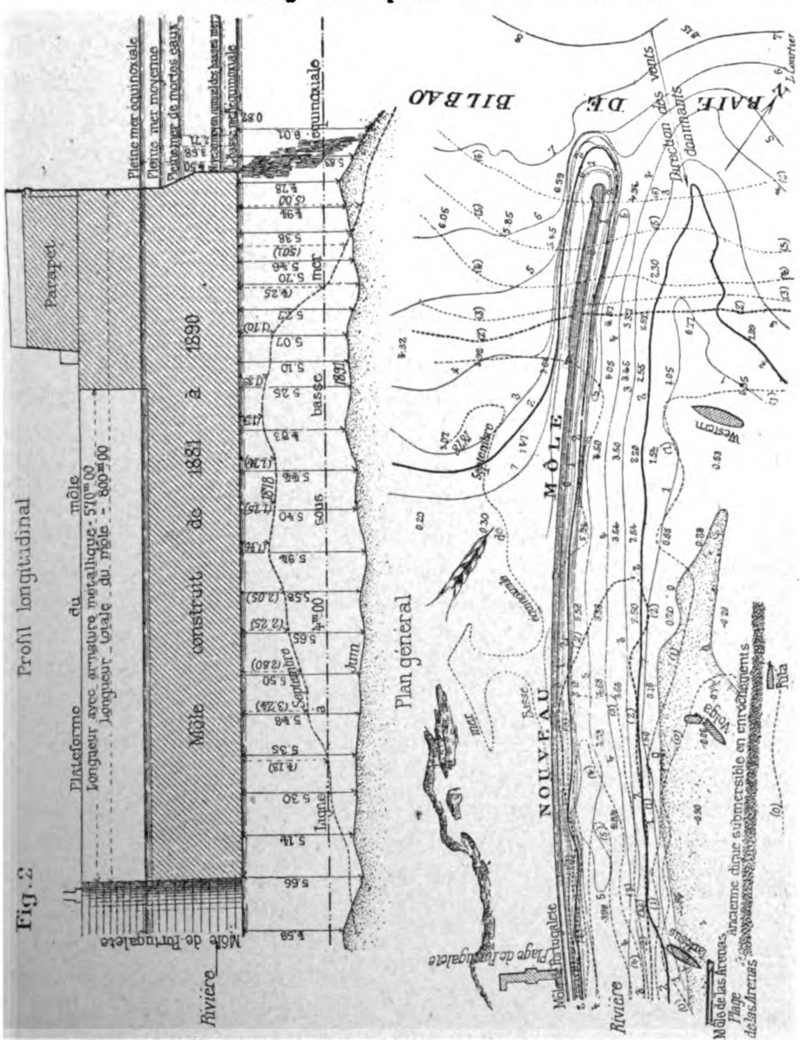
4° Les bancs de sable de droite, loin de nuire, auraient encore pour résultat de diriger le courant contre le môle.

En conséquence, la construction du môle de Portugalete fut décidée ; il a 800 *m* de longueur, il s'avance jusqu'aux fonds de 6, 50 *m* au delà de la plus extrême limite atteinte par le talus extérieur de la barre ; il est tracé avec un rayon de 3000 *m*, la concavité étant tournée du côté du chenal.

La base du môle, depuis le sol jusqu'au niveau de marée basse, est formé par des enrochements naturels d'un poids de 1 000 *kg* au minimum ; à travers ces enrochements et sur 570 *m* de longueur, sont enfoncés des pieux à vis, sur lesquels est fixée une charpente en fer dont le tablier se trouve à la cote 7,50 *m* au-dessus des basses mers ; entre ces pieux, depuis le sommet de l'enrochement et jusqu'à 4,20 *m* au-dessus, est coulé un massif en béton destiné à guider les courants du flot et du jusant. Sur les 30 *m*

EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE DE BILBAO

Sondages de Septembre 1878 et Juin 1891



Nota. — Les courbes de niveau pleines et les cotes de sondages sans parenthèses sont relatives aux sondages de Juin 1891 ; les courbes ponctuées et les cotes entre parenthèses indiquent l'état de la rivière en Août et Septembre 1878 ; c'était avant l'exécution des travaux de prolongement du Môle de Portugalete ; on remarquera que, si la profondeur et la direction de la barre étaient alors très variables, celle-ci occupait dans ces mois une de ses positions les mieux orientées, et elle avait une profondeur moyenne entre les plus grandes et les plus petites.

Les sondages sont exprimés en mètres et centimètres et sont rapportés à la basse mer équinoxiale du 27 Septembre 1878.

de môle suivants, le massif de béton est coulé jusqu'au niveau inférieur du tablier de la charpente en fer.

Sur les 200 derniers mètres, ce système n'a pu être appliqué, la mer étant trop forte. Sur les enrochements, dont les talus sont protégés dans cette dernière partie par des blocs de béton de 30 *t*, on a coulé une couche de béton d'arasement de 0,50 *m* d'épaisseur; sur cette couche est établie la superstructure du môle, dont la largeur à la base est de 10 *m*, réduite au niveau de la plate-formé, c'est-à-dire à 7,50 *m* au-dessus de la marée basse, à 8 *m*.

Les parements sont formés de blocs en béton de ciment de Portland de 5,60 m^3, l'intervalle est rempli par un massif de béton coulé sur place.

Sur ce massif s'élève un mur d'abri de 3 *m* de hauteur et de 3 *m* d'épaisseur; un parapet de 1 *m* de hauteur et d'épaisseur, couronne l'ouvrage.

Vers l'extrémité de la jetée, l'épaisseur du massif est augmentée de 4 *m*, en même temps que le niveau de la plate-forme se trouve porté, comme celui du musoir, à la hauteur de celui du mur d'abri. La banquette de protection au niveau de marée basse est également élargie, afin de protéger l'ouvrage contre les excavations que pourraient produire les lames qui viennent se briser continuellement contre lui.

Ces travaux ont été terminés en 1890, les résultats ont été on ne peut plus satisfaisants et ont dépassé les espérances de l'auteur du projet; on comptait sur un approfondissement de 2 *m*; dès les premières années, lorsque la direction du môle fut jalonnée par les enrochements, le chenal est venu s'y appuyer et cette profondeur fut immédiatement atteinte.

A cette époque, la largeur du chenal avec des profondeurs de 2 *m* n'est pas moindre de 75 *m*, et le long du môle, le chenal a régulièrement plus de 5 *m* de profondeur, c'est donc 2 *m* de plus que ce que l'on avait espéré atteindre.

Aussi les navires calant 20 à 22 pieds anglais (6 *m* à 6,70 *m*) entrent-ils à pleine mer, quand autrefois des navires de 12 à 13 pieds n'auraient pas risqué cette entrée, et le tonnage du port a-t-il passé, comme nous l'avons dit, de 1 340 000 *t* en 1878 à 5 800 000 *t* en 1896.

Les dépenses occasionnées par ces travaux ont été d'environ 16 millions de pesetas. M. de Churruca a donné dans son mémoire annuel de 1888-1889 un résumé descriptif très complet des travaux dont nous venons de parler.

PORT EXTÉRIEUR

Description des ouvrages.

Le premier travail étant exécuté, il fallait mettre la main au principal, il fallait abriter et couvrir l'entrée du port ; car, malgré les magnifiques résultats obtenus, même dès 1888, l'entrée de la rivière restait toujours difficile par les vents nord-ouest, et impossible par les tempêtes ; les navires venant du large étaient alors dans l'obligation de reprendre la mer, sous peine de venir se perdre à l'entrée, comme l'ont fait ceux dont les épaves étaient encore visibles il y a quelques années.

En vue d'apporter un remède à cette situation et aussi d'assurer l'avenir, la Junta décida la construction du port en eau profonde dans la baie, ce port devant être capable de recevoir les plus grands transatlantiques, de leur donner à toute heure accostage à des quais de plus de 8 *m* de tirant d'eau, en un mot d'en faire un port d'escale et de refuge de premier ordre, ce qui manque absolument sur toute cette côte et aussi sur la côte sud française (*fig. 3*).

Comme on le voit, la baie va en s'évasant de l'embouchure du Nervion vers la mer et se prête admirablement à la construction d'un port ; les profondeurs y sont assez grandes et régulières, les fonds de 10 *m* passent près des rivages et de l'embouchure de la rivière ; enfin le mouillage est excellent, les ancres trouvant un fond de sable où elles tiennent très bien.

Le port est limité et abrité vers le large par deux jetées : l'une appelée brise-lames a 1 450 *m* de longueur, part de la rive gauche de la baie à environ 2 660 *m* en aval de Portugalete et se dirige suivant deux alignements vers la rive opposée. L'autre appelée le contre-môle, part de cette rive à la pointe de la Begoña, a une longueur de 1 072 *m* et complète l'abri tout en laissant entre son extrémité et celle du premier, une entrée pour les navires, de 600 *m*.

La superficie du port est d'environ 280 *ha* dont 150 avec des fonds variant de 8 *m* à 15 *m* au-dessous des plus basses mers.

Nous attirons spécialement l'attention sur l'orientation de

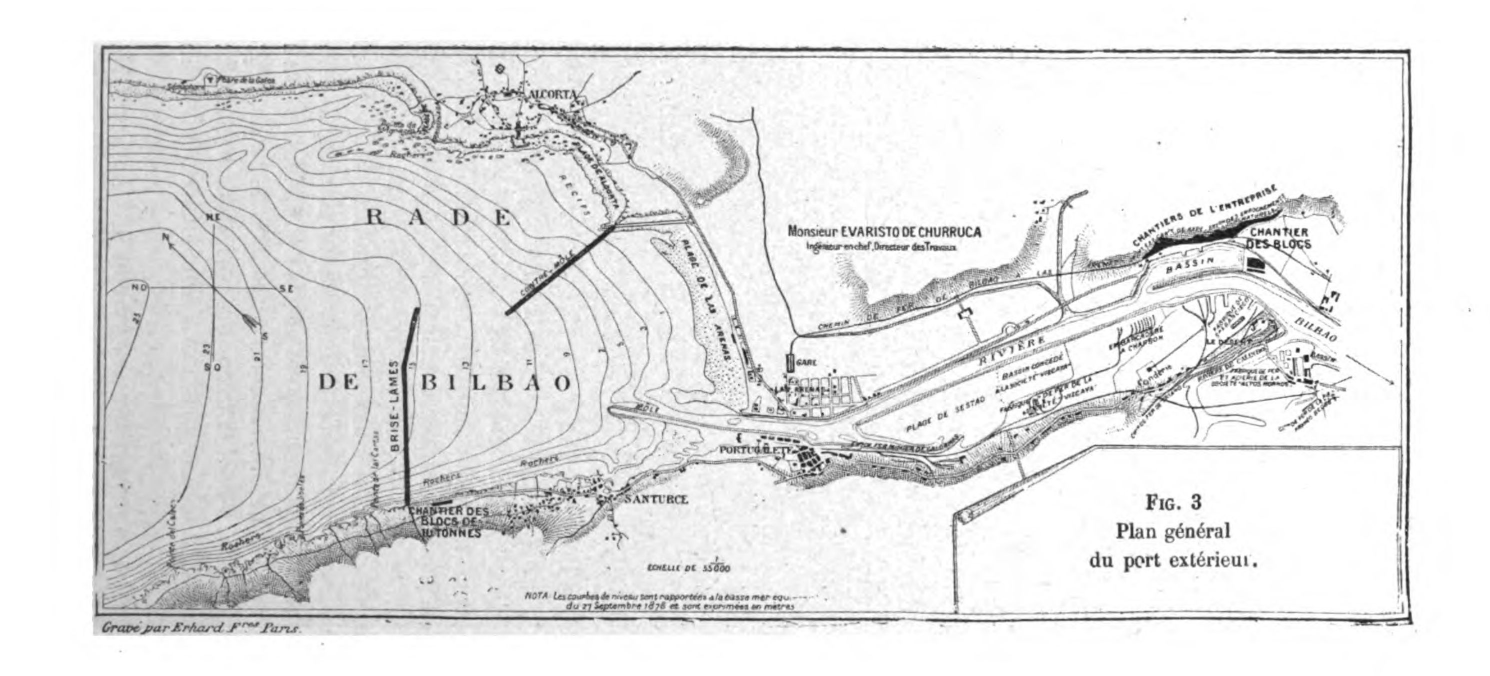


Fig. 3
Plan général
du port extérieur.

Gravé par Erhard F^{res} Paris.

courbes d'égales profondeurs : ces courbes sont parallèles au brise-lames, tandis qu'elles sont recoupées presqu'à angle droit par le contre-môle; la marche des lames de tempête est exactement la même, de sorte qu'elles frappent à angle droit le brise-lames, tandis qu'elles courent parallèlement au contre-môle et viennent déferler sur la plage. Le brise-lames doit donc être suffisamment résistant pour anéantir toute l'énergie emmagasinée dans ces lames.

Brise-lames.

Le profil adopté tout d'abord pour la construction du brise-lames fut celui ci-contre *(fig. 4)* : c'est le profil renforcé des brise-lames de la baie de Saint-Jean-de-Luz.

La base est formée :

D'une couche d'enrochements naturels, depuis le fond jusqu'à 6 *m* sous marée basse, ayant 54 *m* en crête, avec des talus inclinés à 3 de base pour 2 de hauteur; ces enrochements sont de trois classes. Ceux formant le noyau sont de troisième classe et ont un poids minimum de 20 *kg*, ceux le recouvrant et formant le talus intérieur sont de deuxième classe et ont un poids minimum de 400 *kg*, enfin ceux formant le talus extérieur sont de première classe et ont un poids minimum de 2000 *kg*.

Le soubassement est formé :

D'une couche de blocs artificiels de 30 et 50 m^3, pesant respectivement au delà de 60 et 100 *t*, les blocs de 30 m^3 étant placés intérieurement, ceux de 50 m^3 faisant face à la mer; des enrochements naturels sont jetés entre ces blocs pour combler les vides.

Au-dessus de cette fondation, s'élève, sur une couche d'arasement en béton de 1 *m* d'épaisseur moyenne, coulée sur place, la superstructure du brise-lames.

Les parements, depuis un mètre au-dessus de marée basse jusqu'à 7 *m* au-dessus du même niveau, sont formés de blocs en béton de 10 *t* fabriqués à l'avance à terre et posés en boutisses et panneresses ; l'intérieur est rempli de béton à prise rapide ; cette partie du brise-lames a 12,20 *m* de largeur au pied et 10 *m* en crête. Au-dessus, depuis la cote + 7 jusqu'à la cote + 10, c'est-à-dire sur 3 *m* de hauteur, s'élève le mur d'abri ; il a 4 *m* d'épais.

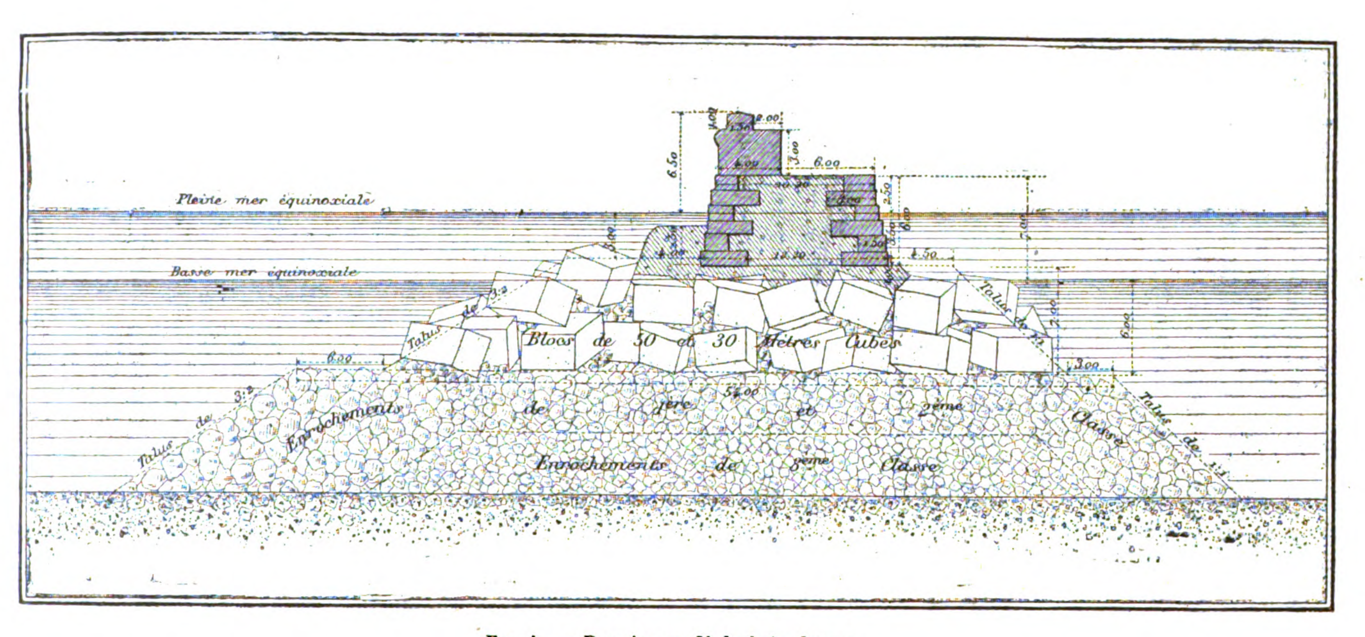


Fig. 4. — Premier profil du brise-lames.

seur ; enfin, au-dessus du mur d'abri, un parapet de 1,50 *m* d'épaisseur sur 1 *m* de hauteur couronne l'ouvrage.

Ce parapet, comme le mur d'abri, est fait en béton de ciment moulé sur place.

Une risberme de 4 *m* de large et 2,50 *m* d'épaisseur protège le pied de la superstructure du côté du large et complète le brise-lames.

Le brise-lames est terminé par un musoir ayant 20 *m* de diamètre au niveau de marée haute; une tourelle portant un feu de port le surmonte.

Les blocs artificiels de 30 et 50 m^3 sont, comme nous l'avons dit, en béton; sa composition est la suivante :

1 de ciment Portland de Boulogne,
3 de sable de la plage,
6 de pierre cassée.

Les blocs artificiels du parement, le mur d'abri et le parapet sont également en béton avec ciment de Portland de Boulogne; la composition est un peu plus riche que celle des gros blocs; elle est la suivante :

1 de ciment de Boulogne,
3 de sable de la plage,
5 de pierre cassée.

La couche d'arasement des blocs, ainsi que le remplissage entre les parements et la risberme, sont en béton de ciment à prise rapide de Zumaya; la composition est la suivante :

3 de ciment de Zumaya,
4 de sable de la plage,
9 de pierre cassée.

Dès 1889 nous avons commencé l'immersion des enrochements naturels, et vers la fin de 1894 cette partie du travail était pour ainsi dire achevée.

La confection des blocs artificiels en béton de 60 et 100 *t* fut commencée au mois d'août 1890 et l'immersion le 23 avril 1891 ; ces blocs, qui composent le soubassement de la superstructure du brise-lames, furent immergés en partant de la cote — 3 sur les rochers qui forment la continuation sous eau de la côte, puis successivement à la cote — 6 sur les enrochements naturels.

Enfin la superstructure du brise-lames fut amorcée à la côte à la fin de 1891.

A la fin de la campagne de 1892, la superstructure était poussée jusqu'a une distance de 124 *m* de son origine.

Le 21 février 1893, survint une tempête qui produisit quelques avaries, sans grande importance ; cependant quelques-uns des blocs de 10 *t* du parement tourné vers la mer furent arrachés par les lames à partir de la base. La couche de béton d'arasement avait disparu sur une dizaine de mètres et les blocs avaient suivi.

Ces avaries furent réparées pendant l'été de 1893, et à la fin de la période de travail de l'année, c'est-à-dire au mois d'octobre 1893, la longueur de la superstructure atteignait 253 *m*.

Le 19 novembre, survint une formidable tempête qui dura

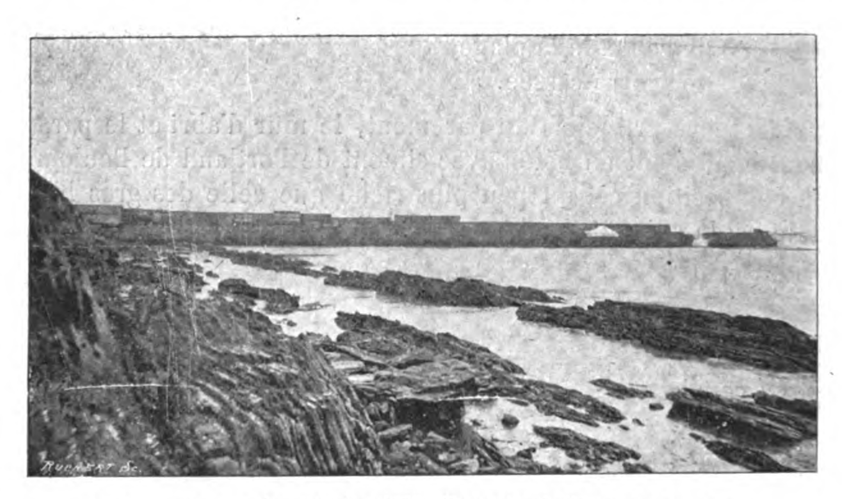


Fig. 5. — Avaries de novembre 1893. (Vue prise de l'intérieur du port.)

jusqu'au 21 ; après qu'elle fut apaisée, on s'aperçut que la superstructure était minée vers la mer sur 60 *m* de longueur, la banquette de protection avait été emportée. La couche de béton d'arasement avait suivi et les blocs de parement n'ayant plus d'appui étaient tombés et avaient disparu ; il en était de même du béton de remplissage en ciment de Zumaya ; le mur d'abri et le parapet restaient suspendus au-dessus du vide. Les mauvais temps de l'hiver achevèrent la destrnction de cette partie de l'ouvrage (*fig. 5 et fig. 6*).

Comme nous l'avons dit plus haut, le profil adopté était semblable à celui exécuté à Saint-Jean-de-Luz. M. l'Ingénieur en chef de Churruca n'avait rien inové, il avait au contraire suivi

les indications de la pratique, et, pour plus de sûreté, il avait augmenté les dimensions en épaisseur, ainsi que le poids des blocs.

De ces avaries il semblait ressortir :

Que la banquette de fondation était insuffisante ; construite sur

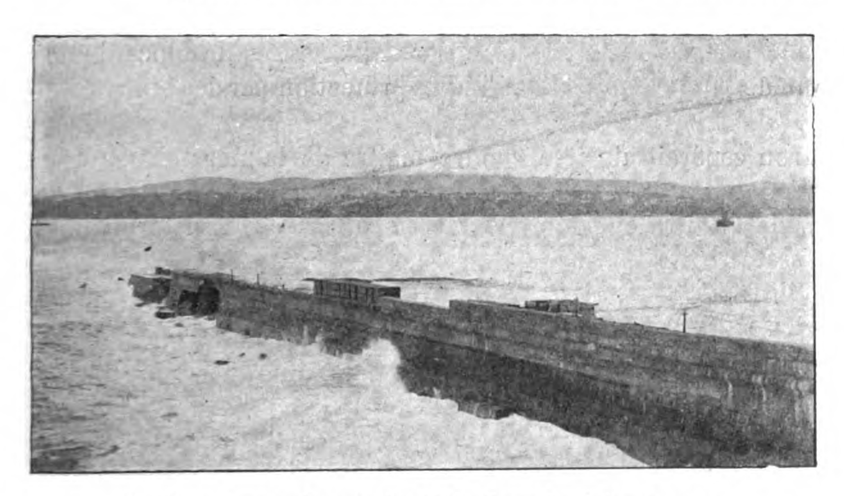
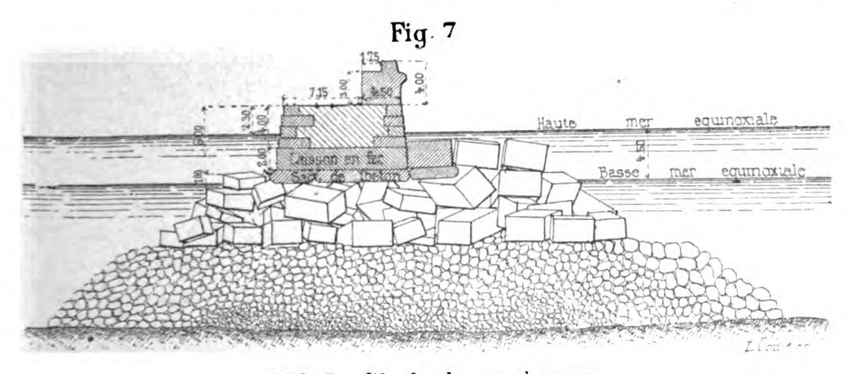


Fig. 6. — Avaries de novembre 1893. (Vue prise de l'extérieur.)

des enrochements facilement emportés par les lames, elle devait céder aussitôt que sa base serait dégarnie.

La couche d'arasement des gros blocs était disloquée de la



2me Profil du brise-lames

même façon, enfin les blocs de parement de 10 *t* semblaient trop petits.

Il fut en conséquence résolu, d'un commun accord avec l'Ad-

ministration des Ponts et Chaussées, de remplir les vides entre les gros blocs sous la fondation de la superstructure, en sacs de béton de ciment de la grosseur la plus grande possible, de poser sur cette couche arasée à la cote + 1 des caisses en fer de 12 *m* de longueur, 6 *m* de largeur et 2 *m* de hauteur et de remplir ces caisses, de béton de ciment de Portland, de façon à fournir une base massive et résistante cubant 144 m^3 et pesant environ 300 *t*, de terminer la superstructure par deux assises de blocs de 60 *t*; enfin de remplacer la banquette de protection par des blocs de 60 *t*. (*fig.* 7).

L'on espérait ainsi se rendre maitre de la mer; si par extraordinaire les blocs de 60 *t* en protection venaient à être emportés, il était à croire que le caisson formant la base résisterait par sa masse.

L'hiver 1893-1894 fut employé à construire un nouveau matériel capable de manœuvrer ces gros blocs, et l'été 1894 à réparer les avaries et à commencer la construction suivant le nouveau profil.

Deux caissons seulement furent posés, c'est-à-dire qu'il fut ajouté 12 *m* à la superstructure antérieurement détruite et réparée : une double rangée de blocs de 60 *t* fut placée tout le long à son pied pour remplacer la banquette de protection.

Les premières tempêtes des 12 et 13 novembre ne firent que remuer quelques blocs de 60 *t* en protection et leur faire prendre une position stable. Nous avions donc l'espoir de voir passer l'hiver sans avarie et d'acquérir l'assurance que le travail était enfin capable de résister à tous les assauts de la mer, quand survint la tempête du 30 et 31 décembre 1894, probablement plus forte que toutes les autres, et, comme disent toujours les marins et gens de la côte, une tempête comme on n'avait pas encore vu.

Tout le travail que nous avions fait pendant l'année était détruit (*fig.* 8).

Le brise-lames présentait le lamentable état qu'indique la photographie.

Les blocs de 60 *t* au nombre de 200 protégeant le pied de la superstructure avaient disparu, ils avaient été rejetés sur le talus avant, par le ressac et c'est à peine si l'on en voyait trace.

Sur 132 *m* de longueur la face avait été minée, la couche d'arasement de la partie réparée avait disparu, les blocs de parement vers la mer avaient été enlevés, ainsi que le béton de

remplissage, le mur d'abri de 4 *m* d'épaisseur avait été culbuté dans l'intérieur du port, de nombreuses brèches s'étaient formées ; enfin la partie extrême vers le large, composée de deux caissons et de leur superstructure, représentant un massif de 800 m^3, soit un poids de plus de 1 600 *t*, avait été arrachée, soulevée et transportée d'une seule pièce à 32 *m* de sa position initiale à l'intérieur du port ; cela peut donner une idée de la violence et de la force des lames.

Nous n'avons pas pu mesurer directement la hauteur des vagues de tempête, mais comme elles atteignent, au moment de marée haute, sans choc et sans jet, le dessus de la moulure du mur d'abri du contre-môle, qui se trouve à la cote + 9,50,

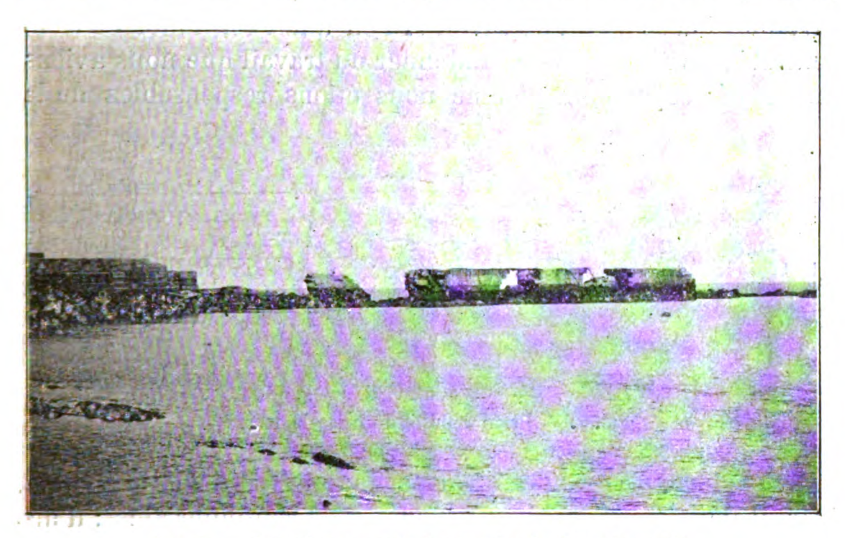


Fig. 8. — Brise-lames après la tempête de décembre 1894.
(Vue prise de l'intérieur du port.)

la marée haute étant à la cote + 5 ; il s'ensuit une surélévation de 4,50 *m*, le creux étant égal ou un peu inférieur à la levée, on peut estimer à 8 *m* au moins cette hauteur.

Pas plus que la hauteur, nous n'avons pu mesurer la force avec laquelle elles agissent sur l'ouvrage ; cependant, si l'on considère le mur d'abri qui a été précipité d'une pièce dans l'intérieur du port, qui était situé entre la cote + 7 et la cote + 10, et dont le moment résistant, composé d'une part de son poids $3,50 \times 3,00 \times 2\,100 = 22\,050$ *kg*, d'autre part de la cohésion du béton que nous avons trouvée allant jusqu'à 8 *kg* et jamais au-dessous de 2 *kg* par centimètre carré, si nous prenons ce

dernier chiffre, nous avons : pour la valeur de l'effort minimum par mètre carré.

$$\frac{22050 \times 1{,}75 + 35000 \times \frac{2}{3}\,3{,}50}{1{,}50 \times 3{,}00} = \frac{120200}{1{,}50 \times 3{,}00} = 26700\ kg \text{ par } m^2,$$

agissant à *4 m* au-dessus du niveau de la mer pour le renverser.

Il y a malheureusement peu de travaux de ce genre qui aient pu se construire et résister sans qu'il survienne des avaries; les ports de Cherbourg, de Saint-Jean-de-Luz, de Biarritz, de Leixoes, d'Alger, d'Ymuiden, de l'embouchure de la Tyne, d'Aberdeen, de Madras, etc., etc., en sont des exemples.

La question se posait de savoir si l'on allait continuer et comment. Il nous répugnait d'abandonner un travail que nous avions commencé; cependant, comme nous étions responsables de la

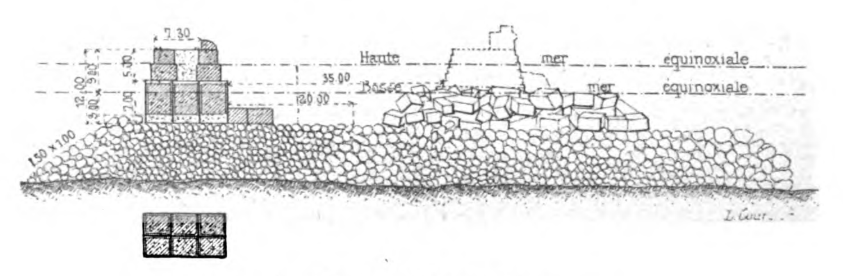


Fig. 9. — Profil définitif du brise-lames.

superstructure, c'est-à-dire de la partie qui était démolie chaque hiver, il devenait impossible pour nous de continuer ainsi; d'un autre côté, la Junta reconnaissant que le projet était impossible à exécuter tel quel, et tenant malgré cela à avoir son port, décida que l'on rechercherait ce qu'il fallait faire et que le travail serait continué.

Il fut décidé, d'un commun accord avec l'Ingénieur en chef Directeur, que des modifications seraient apportées, et l'ouvrage fut continué avec le profil ci-contre *(fig. 9)*.

La base en enrochements naturels est élargie de 40 *m* vers l'intérieur du port. Sur cette base arasée à la cote — 5 viennent se placer des caissons en fer de 13 *m* de longueur, de 7 *m* de largeur et de 7 *m* de hauteur. Ces caissons sont remplis :

1° Par une couche générale de béton de ciment de Portland de 1,50 *m* d'épaisseur ;

2° De douze blocs de 60 *t* posés l'un sur l'autre et reliés entre eux par du béton avec ciment à prise rapide coulé à sec dans les joints et les lits ;

3° Par une couche générale de béton en ciment à prise rapide de 0,50 d'épaisseur. Le tout formant une masse solidaire de 637 *m* représentant un poids d'environ 1 400 *t*; sur ce soubassement, deux assises de blocs de 60 *t*, avec remplissage intérieur en béton de ciment à prise rapide, forment la superstructure de la jetée; elle est surmontée par un petit parapet de 1,50 *m* de hauteur et 2,50 d'épaisseur. Enfin le pied du soubassement est protégé du côté du large, contre le ressac, par deux files de blocs de 60 *t* posés l'un dans le sens de la longueur et l'autre dans celui de largeur.

M. de Churruca, après avoir dressé le projet, le fit accepter par le Conseil des Ponts et Chaussées à Madrid, et, par Décret royal du 15 juin de la même année, l'exécution en fut ordonnée.

Nous nous mettions immédiatement à la besogne, et à la fin de la campagne de 1895, le nouveau brise-lames atteignait une longueur de 116,50 *m*, 296 *m* en 1896, 500 *m* en 1897, 734 *m* en 1898 et 950 *m* à la fin de la campagne dernière, c'est-à-dire les deux tiers de sa longueur comme superstructure et la longueur totale pour les enrochements de la base.

Cinq hivers se sont passés depuis que nous avons commencé à travailler suivant le nouveau plan, des tempêtes nombreuses et terribles sont survenues pendant ce temps, le brise-lames a victorieusement résisté à leurs assauts, il n'est pas resté trace de leur passage sur l'ouvrage, il n'y a pas eu la moindre avarie, et par conséquent pas de réparation; nous ne doutons pas qu'il en sera ainsi jusqu'à la fin du travail qui sera complètement terminé en 1902.

Ce mode de construction du brise-lames offre donc des avantages considérables sur les anciens procédés. Il permet une exécution plus rapide, l'affouillement ne peut plus se produire aussi facilement; si par hasard le cas venait à se présenter, le soubassement et la superstructure seraient en état de résister, à cause du poids considérable de chacun de leurs éléments, il pourrait tout au plus se produire quelques tassements qu'il serait facile de réparer; enfin ce profil ne coûte pas plus cher que les profils en enrochements en pierres perdues ou les profils mixtes. C'est la première jetée construite suivant ce système.

Déjà en 1892, à l'occasion de l'élaboration du projet des ports

de Bruges, nous avions été amenés à faire des recherches et des études sur les différents modes de construction des jetées, à déterminer si possible les causes des avaries survenues à presque tous les ouvrages de ce genre, sauf à ceux construits dans des mers tranquilles, et enfin à nous rendre compte du coût de leur entretien.

Le profil à base en enrochements naturels, avec superstructure en maçonnerie, représenté par les digues de Cherbourg, Plymouth, etc., etc., a été depuis longtemps abandonné, parce qu'il coûte trop cher de premier établissement et d'entretien, les talus exposés à la mer n'arrivant jamais à un état d'équilibre stable.

Le profil mixte, le profil de la Méditerranée, que l'on pourrait appeler le profil français, parce qu'il a été particulièrement préconisé et employé par les Ingénieurs français, représenté par les jetées de Marseille, d'Alger, de Leixoes, de Saint-Jean-de-Luz, de Boulogne, est composé d'enrochements naturels protégés vers la mer par des blocs artificiels ou bien, comme le profil primitif du brise-lames de Bilbao, d'une base en enrochements arasées à un niveau où l'on suppose que la mer ne déplace plus ces enrochements, généralement de 5 à 8 *m* de profondeur, surmontée d'un soubassement en blocs artificiels, dont le poids varie de 20 à 100 *t*, émergeant suffisamment pour établir la superstructure; ce profil est difficile d'exécution dans les mers un peu dures, il est coûteux d'entretien; auprès de chacun de ces ouvrages, il y a continuellement en marche un atelier de fabrication de blocs, destinés à remplacer ceux qui sont enlevés par la mer; il faut, suivant l'expression consacrée, la nourrir, et cela ne suffit pas toujours; les désastres arrivés à la digue d'Alger, à celle de Leixoes, à celle de Saint-Jean-de-Luz, dernièrement à celle de Gênes, et à tant d'autres, sans parler de celle de Bilbao, sont là pour en témoigner.

Reste le troisième type, celui à parois droites, plein, composé de blocs de 20 à 100 *t* arrimés soigneusement, et que l'on pourrait appeler le type anglais, représenté par le *pier* de l'Amirauté à Douvres, par les jetées de l'embouchure de la Tyne, par celle d'Aberdeen, par celles du port de la pointe des Galets à la Réunion dont nous a parlé notre collègue M. Fleury, qui sont une variante heureuse des premiers, par suite de l'inclinaison donnée aux blocs, et par beaucoup d'autres.

La tenue du *pier* de Douvres, son peu d'entretien, nous avait

frappé, cependant sa construction a été longue; car il a fallu aller placer les blocs sous l'eau avec des scaphandriers; s'il y a des courants, cela ne peut se faire qu'aux étales, son prix est énorme.

Ce profil présente aussi certains dangers d'avaries, à cause des affouillements possibles de la base, de la petitesse des éléments le composant et de leur manque de solidarité sous l'eau. Les accidents arrivés aux jetées d'Ymuiden, construites suivant ce type, et à celle d'Aberdeen, en sont des exemples.

Enfin l'une des magnifiques jetées de l'embouchure de la Tyne

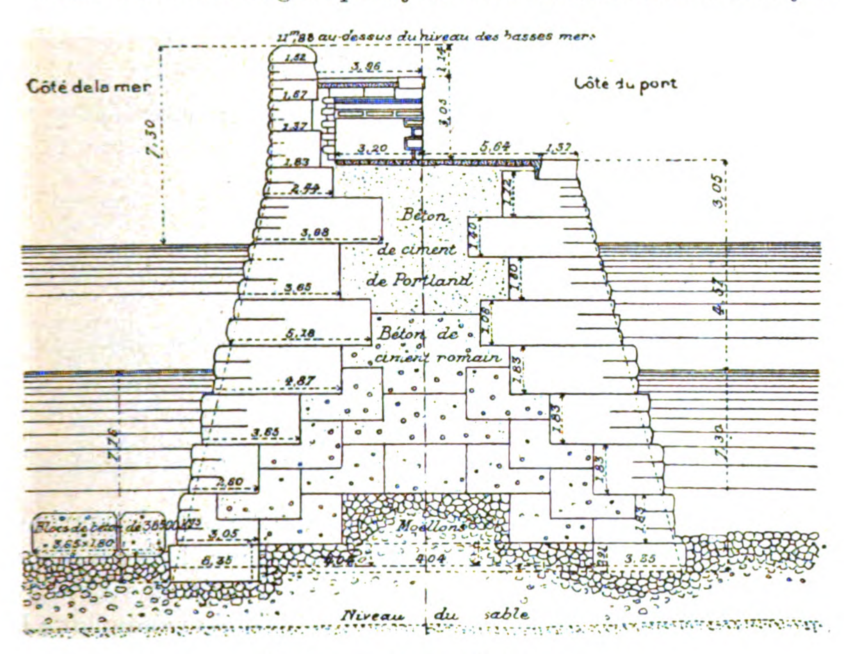


Fig. 10. — Jetée Nord de la Tyne.

(celle du Nord) dont vous voyez ci-contre le profil (*fig. 10*), a été, il y a trois ans, complètement dévastée et démolie par une tempête, à ce point qu'elle est irréparable et qu'il faut en reconstruire une nouvelle, dont le coût ne sera pas moindre de 11 millions.

Toutes ces recherches nous ont amené, avec notre collègue M. Jean Cousin, à proposer de construire pour le port extérieur de Bruges, dès 1892 comme nous l'avons dit, un profil de jetée plein, à base composée d'éléments de 25 *m* de longueur, pesant jusqu'à 4500 *t* (*fig. 11*).

Nous nous trouvons dans les conditions de Douvres, mais avec une jetée à base massive, qui n'est pas susceptible de s'effondrer comme l'a fait celle de la jetée de la Tyne et qui a l'avantage d'être d'une construction rapide (à Bilbao nous sommes parvenus à placer neuf caissons en un mois) et coûte beaucoup moins cher que les jetées anglaises.

Nous avons la satisfaction d'apprendre que nos idées sont par-

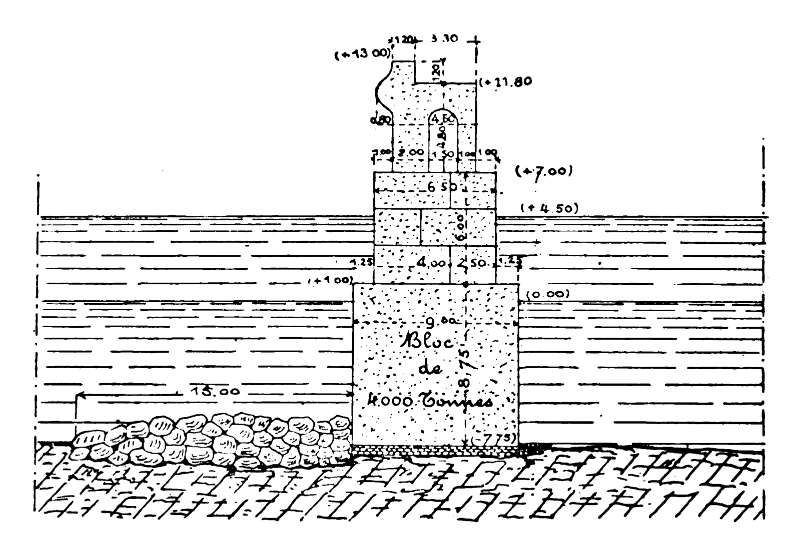


Fig. 11. — Jetée du port extérieur de Bruges.

tagées par les Ingénieurs du service hydraulique de la marine; car le prolongement de la jetée nord, ainsi que le brise-lames de protection de l'entrée du port de Bizerte, vont s'exécuter suivant notre système. Il est question de faire de même pour la nouvelle jetée du port d'Alger. Dans une mer sans marée comme la Méditerranée, l'exécution sera incomparablement plus facile que dans l'Océan.

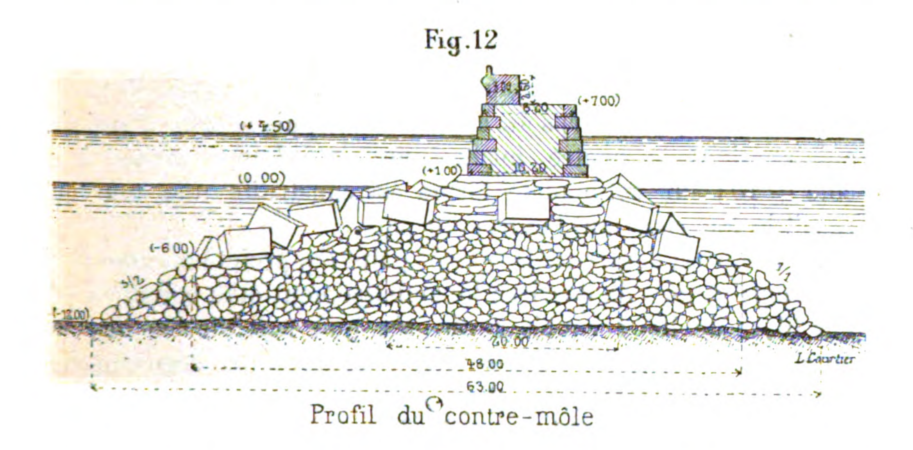
Contre-môle.

Le contre-môle a une longueur de 1 072 *m*; il est relié à la route de Las Arenas par un terre-plein de 602 *m*, soutenu par un mur de même longueur, fondé sur les roches formant le fond de la mer à cet endroit.

Le profil adopté est représenté par la figure ci-contre et est constitué comme suit *(fig. 12)* :

La base se compose d'enrochements naturels de 3e classe comme noyau, d'enrochements de 2e classe comme recouvrement du noyau du côté intérieur, et d'enrochements de 1re classe comme recouvrement du noyau du côté du large. Cette base est arasée à la cote — 3 sous marée basse équinoxiale; elle a 20 *m* de largeur

Fig. 12



Profil du contre-môle

en crête et des talus inclinés à 1 pour 1 à l'intérieur et 3 pour 2 à l'extérieur.

Sur cette base sont immergés, en laissant des intervalles assez grands, des blocs de 100 *t* ; ces intervalles sont remplis par des sacs de béton de ciment de Portland à la teneur de 300 *kg* par mètre cube ; ces sacs ont un poids variant de 4 à 8 *t*, ils sont parfaitement arrimés, la partie supérieure est régularisée par une couche de béton avec ciment à prise rapide de Zumaya de 0,50 *m* d'épaisseur posée à sec à sujétion de marée. L'ensemble émerge de 1 *m* au-dessus de zéro, a en crête 13 *m* de largeur, une épaisseur de 4 *m* et des talus inclinés à 0,50 *m* de base sur 1 *m* de hauteur ; il forme le soubassement de la superstructure. Ce soubassement est protégé contre les affouillements que pour-

rait produire le ressac, par des blocs artificiels de 100 et 60 *t* descendant sur le talus jusqu'à la cote — 6.

La superstructure a 10,20 *m* de largeur et une hauteur de 6 *m*; la plate-forme se trouve donc à la cote + 7 ; les parements sont formés par des blocs artificiels de béton avec ciment de Portland à la teneur de 250 *kg* par mètre cube ayant 1 *m* de hauteur d'assise, cubant 2,40 m^3 et posés en boutisses et panneresses avec 0,20 *m* de retraite d'une assise sur l'autre ; l'intérieur est rempli par du béton avec ciment à prise rapide de Zumaya à la teneur de 345 *kg* par mètre cube.

La superstructure est surmontée par un mur d'abri en béton de 3 *m* d'épaisseur et de 2,50 *m* de hauteur ; un parapet de 0,50 *m* d'épaisseur et de 0,75 *m* de hauteur couronne l'ouvrage.

L'extrémité du contre-môle est terminée par un musoir circulaire dont le soubassement est formé par un caisson fondé à la cote — 8 sur une couche d'enrochements naturels ; sur ce soubassement arasé à la cote + 1, s'élève le corps du musoir, de même construction que le corps du contre-môle, puis le mur d'abri circulaire dont le centre forme une plate-forme arasée à la cote + 10 ; sur cette plate-forme est construite une tour qui reçoit le feu signalant l'entrée du port.

Le profil du contre-môle n'avait point été projeté comme celui que nous venons de décrire ; le soubassement était constitué par des blocs de 100 *t* coulés aussi près que possible les uns des autres et dont les intervalles étaient remplis par des enrochements sur lesquels une couche d'arasement en béton était posée. C'était en un mot le même profil (à part la hauteur du soubassement qui n'était que de 3 *m* au lieu de 6 *m*) que celui adopté primitivement au brise-lames ; mais les accidents arrivés à ce dernier déterminèrent M. de Churruca à le modifier, et les blocs de 100 *t*, au lieu de former le corps principal du soubassement, n'en sont plus que l'accessoire, ils diminuent seulement le cube des sacs en béton.

Il n'y a plus à craindre que le remplissage par des sacs soit enlevé comme l'étaient les petits enrochements ; ces sacs, bien posés à la grue, bien arrimés, font prise assez rapidement et se soudent très bien entre eux, et au bout de trois ou quatre jours il faut employer la pioche et le burin pour araser la partie supérieure.

Le contre-môle est aujourd'hui construit sur les 5/6 de sa longueur, il n'a subi aucune avarie, il se comporte bien grâce à son

orientation; comme nous l'avons vu, la lame l'attaque parallèlement, elle s'élève en gros temps, du côté de l'extérieur, jusqu'au-dessus de la moulure du mur d'abri, elle le suit et vient déferler sur les rochers qui forment la plage, où elle perd sa force ; il n'y a ni choc ni ressac. Malgré cela il faut apporter un grand soin dans la surveillance du pied de la superstructure et boucher les trous qui se produisent de temps à autre dans la protection.

Les deux jetées forment déjà depuis quelques années un très bon abri aux navires, il n'est pas rare d'en voir une douzaine derrière le brise-lames. La manœuvre d'entrée se fait bien, même avec grand vent du nord-ouest : le navire venant du large vire aussitôt qu'il a doublé la bouée indiquant le musoir du brise-lames, laisse arriver debout au vent, perd ainsi son aire et mouille ; c'est la manœuvre classique ; depuis trois ans il n'y a plus eu de sinistre à l'entrée de la rivière.

MOYENS D'EXÉCUTION

Pour l'exécution des travaux il y a trois chantiers ; le chantier central à Axpe, un autre au brise-lames, à Santurce, le troisième au contre-môle, à Algorta. Tous les trois sont équipés électriquement, le premier en partie, les deux autres entièrement *(fig 13)*.

Chantier central d'Axpe.

Les enrochements naturels devant, d'après le cahier des charges, provenir des carrières d'Axpe, les seules de la région fournissant de la pierre de bonne qualité (ce sont des roches trachytiques), la rade d'Axpe se prêtant à l'embarquement, et un terrain bas que nous avons pu acheter et remblayer, situé dans le prolongement de cette darse, convenant tout à fait pour le parc aux blocs artificiels, l'installation de notre chantier central se trouvait tout indiquée à proximité de cette darse ; c'est là que nous l'avons placé.

Le plan d'ensemble montre les carrières, l'atelier de réparation, de construction des caissons et de force motrice, le parc aux blocs, le magasin à ciment et l'estacade d'embarquement.

Carrières.

Les carrières ont un front de 800 *m* environ, la hauteur va jusqu'à 75 *m*, elles ne sont pas exploitées par étages, malgré cela nous n'avons pas eu d'accidents causés par des éboulements ou des chutes de pierres, des veilleurs sont continuellement aux aguets pour prévenir les ouvriers qui travaillent au pied.

Le front d'attaque est divisé en cinq chantiers : deux voies principales courent d'un bout à l'autre des carrières ; sur ces voies principales viennent s'embrancher celles des cinq chantiers qui, elles, se présentent par bout vers le front d'attaque.

L'abatage des matériaux se fait par petites mines, les grandes ne pouvant réussir en raison du peu d'homogénéité des bancs qui sont souvent entrecoupés de poches de terre ; nous sommes par-

PLAN DES CARRIÈRES EN EXPLOITATION A AXPE
pour la construction du Port extérieur,
disposition des voies et des embarcadères, et chantier des Blocs artificiels

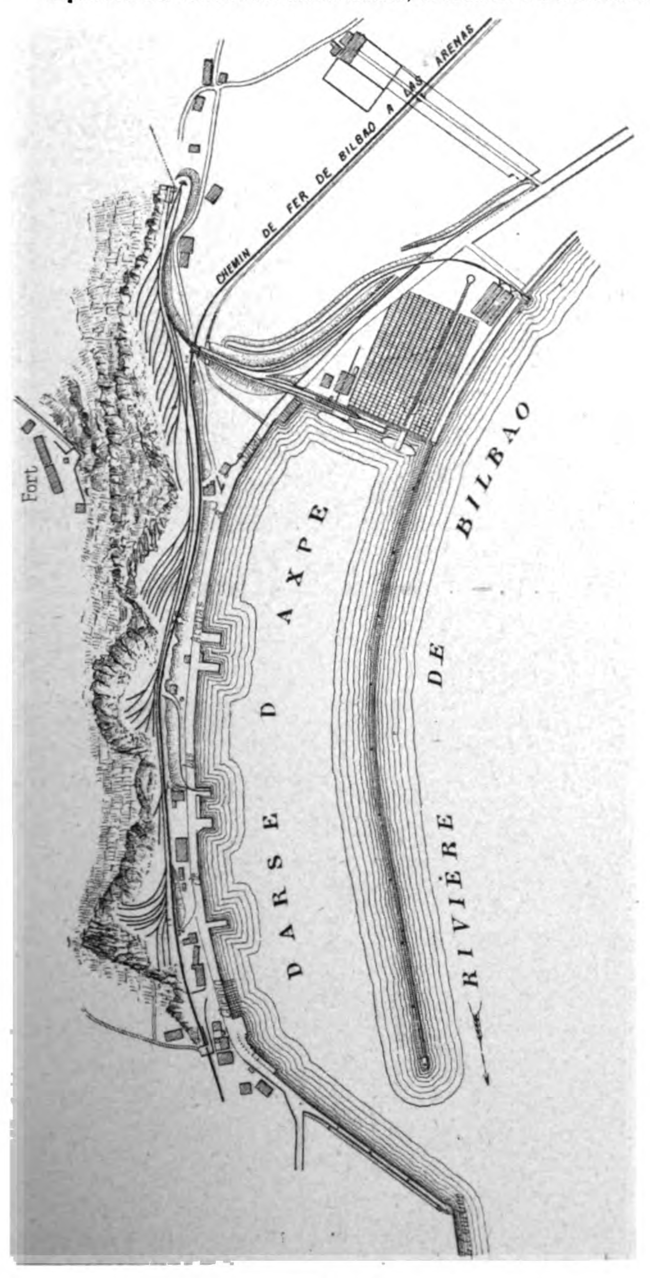


Fig. 13.

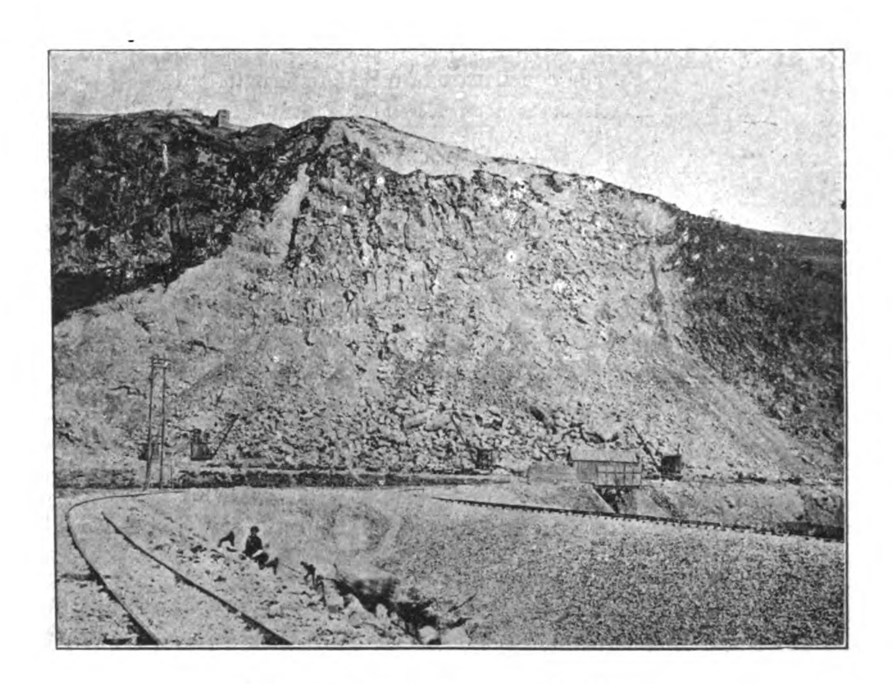


Fig. 14. — Carrières. Éboulement de 100 000 m^3.



Fig. 15. — Carrières. Charge des enrochements.

venus sans mine, en approchant suffisamment le pied, à faire glisser des masses de plus de 100 000 m^3 *(fig. 14 et fig. 15)*.

L'explosif employé est la dynamite.

La charge des enrochements se fait à l'aide de huit grues à vapeur automotrices d'une puissance de 3 *t*; ils sont chargés sur des plates-formes reposant sur des trucks.

Les moellons et déchets sont chargés à bras dans des wagons à bascule. Il en est de même des terres.

Tous ces trucks et wagons roulent sur des voies à l'écartement

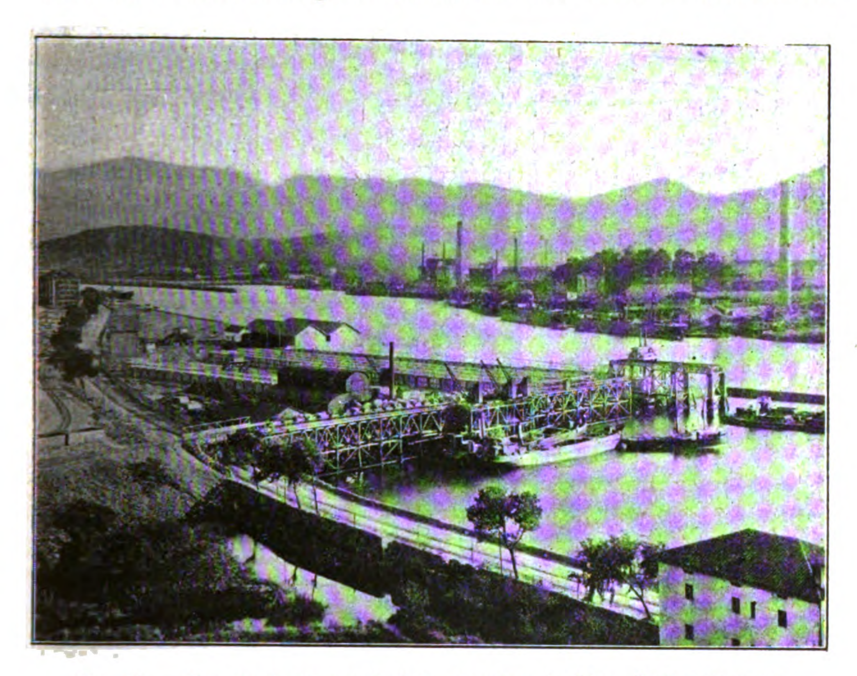


Fig. 16. — Vue du chantier central. Construction des blocs. Embarquement des blocs naturels et des blocs artificiels.

de 1 *m*. La traction est faite par quatre locomotives-tenders du poids de 12 *t*.

Les enrochements sont conduits sur l'estacade de chargement. Cette estacade est assez élevée au-dessus de l'eau, et cela pour franchir deux obstacles rencontrés sur le parcours de la carrière à la darse *(fig. 16)*.

Le premier est le chemin de fer de Bilbao à Las Arenas, dont le nombre des trains est considérable, surtout en été; et le deuxième, la route de Bilbao à Las Arenas, sur laquelle circulent des tramways à intervalles très rapprochés, ainsi qu'un grand

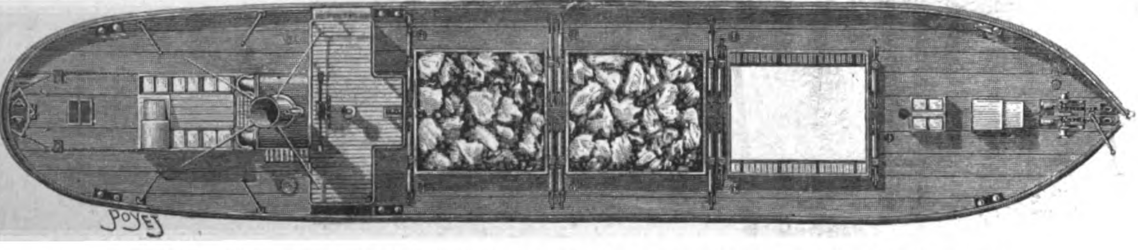


Fig. 17. — Plan et coupe longitudinale du bateau à clapets pour le transport des enrochements.

nombre de voitures. Il ne fallait donc pas songer à traverser à niveau ces deux obstacles, et c'est à l'aide des ponts qu'ils sont franchis.

Les enrochements, arrivés sur l'estacade, sont chargés dans des bateaux à clapets à l'aide de trois grues, recevant la vapeur de l'atelier central.

La plate-forme qui porte ces enrochements est accrochée à ses quatre angles par des crochets, elle est descendue dans le bateau, il suffit d'enlever deux des crochets et de la remonter pour que les pierres culbutent.

Les enrochements ainsi chargés sont conduits en mer, les bateaux arrivés aux ouvrages se guident sur les alignements déterminés par des amers placés à terre, des sondeurs indiquent où

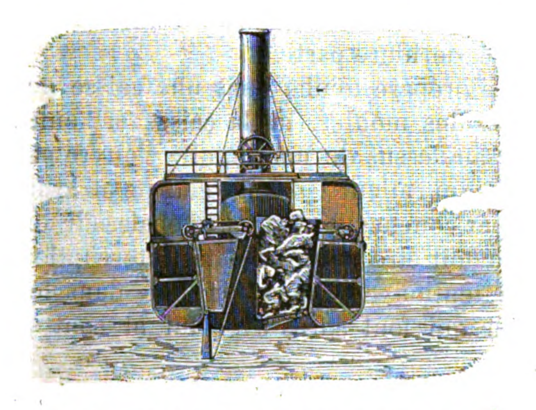


Fig. 18. — Bateau à clapets. Coupe transversale.

il faut vider; aussitôt en place, on laisse couler leur charge en ouvrant les clapets *(fig. 17 et 18)*.

Le fonctionnement des clapets fermant les puits se fait à l'aide de presses hydrauliques; il est en tout semblable à celui des chalands transportant les blocs artificiels, dont nous donnons la description plus loin; l'ensemble est du reste disposé pour faire également le transport et l'immersion des gros blocs. Les déchets et moellons sont amenés à un dépôt et cassés pour servir à la confection du béton.

Quant aux terres, elles sont conduites en décharge sur des terrains environnants, pour les relever à hauteur de la route et leur donner ainsi une valeur importante comme terrains à bâtir. Aussi, depuis quelque temps, voit-on s'élever d'assez grandes et

belles maisons qui servent de logement aux contremaîtres et ouvriers des aciéries, des ateliers de construction de navires, aux chargeurs de minerais et à nos propres ouvriers.

Blocs artificiels.

Sur la partie de la rivière remblayée, en arrière de la darse d'Axpe, nous avons établi le parc aux blocs artificiels en béton.

Il y en a de 30 m^3 et de 50 m^3.

Ils sont construits dans des moules en bois armés de fers ; le béton est fabriqué mécaniquement par une bétonnière à tambour tournant, la pierre cassée et le sable sont montés dans une trémie par des chaînes à godets, le ciment est distribué par une vis, le mélange se fait à sec sur une partie du tambour, et avec l'eau necessaire sur la dernière partie.

Le béton ainsi préparé tombe dans une caisse de wagonet, il est conduit près des moules, là, la caisse est enlevée par une grue présentée au-dessus du moule, elle s'ouvre par le fond en lâchant le déclic qui retient les deux clapets et le béton tombe ; il est pilonné par couches de 0,25 *m* d'épaisseur environ. Tout bloc commencé doit être terminé sans interruption de travail.

Pour la manutention des blocs, on noie dans le béton deux étriers en acier qui font corps avec lui et sont abandonnés à l'immersion.

La durée du séchage est de trois mois, mais, au bout du deuxième, les blocs peuvent être manipulés sans crainte.

Ces blocs sont placés régulièrement et disposés par files sur le parc, qui peut en contenir 500, représentant un cube d'environ 18 000 *m*.

Entre les rangées, et perpendiculairement à une fosse à chariot creusée parallèlement à la darse, sont placés des rails de 34 *kg* le mètre courant, destinés à supporter le bardeur qui enlèvera les blocs. Ces rails sont posés sur des traverses, pour ainsi dire jointives qui, elles-mêmes, reposent sur un massif en pierres sèches, recouvert par le remblai.

Toutes ces précautions ont été prises pour empêcher les tassements, au passage du bardeur portant un bloc ; malgré cela, lors des premières opérations, il s'en est encore produit qui ont donné lieu à des observations intéressantes, relativement à l'emploi de l'électricité.

Nous avons vu comment les blocs sont fabriqués et comment ils sont disposés sur le parc. Après séchage, il faut les enlever et les charger en bateau, pour aller les couler aux jetées. C'est dans la marche des trois appareils qui font ce service qu'intervient l'électricité.

La dynamo génératrice est installée à côté de l'atelier de réparation, elle est actionnée directement par une machine à vapeur Compound, type pilon, pouvant faire de 50 à 60 *ch*.

A 300 tours, le voltage de cette génératrice est de 220 volts; elle est multipolaire à enroulement compound, l'anneau est du type Gramme.

Les fils, en partant des bornes de la machine, viennent à un tableau comportant un voltmètre, un ampèremètre et un commutateur.

De ce tableau part le circuit principal, sur lequel sont branchés des circuits de dérivation vers le bardeur et le transbordeur; le chariot-truck prend son énergie sur le circuit principal, lequel est bouclé.

Tous les fils sont en cuivre nu, et sont portés par des isolateurs, fixés suivant les circonstances, soit sur des poteaux, soit sur les murs, comme c'est le cas pour le circuit du truck.

Bardeur.

Le bardeur est en fer, il diffère des appareils qui ont été construits antérieurement par la nature de l'énergie employée (*fig. 19*).

Il se compose de deux forts chevalets, reposant par l'intermédiaire de quatre axes de balanciers sur huit roues de 0,85 *m* de diamètre, fixées deux par deux à ces balanciers. Ces chevalets, écartés de 5,70 *m* d'axe en axe, sont reliés à leur partie supérieure par deux grandes poutres fortement entretoisées. Ces poutres supportent deux presses hydrauliques, aux tiges des pistons desquelles les crochets de suspension sont attachés. Sur le plancher recouvrant ces poutres, et dans la petite construction en tôle et verre que l'on voit sur la photographie, sont placés : la pompe, les engrenages de translation et la dynamo réceptrice qui fait fonctionner l'appareil.

Cette dynamo, enroulée en série, est bipolaire du type Gramme. Elle reçoit son énergie par l'intermédiaire de deux trolleys.

Le courant arrive à un commutateur à rhéostat, de là il se rend aux bornes de la dynamo. Celle-ci fait, sous 220 volts, 630 tours, tandis que l'arbre, commandant les pistons des pompes envoyant l'eau dans les presses, n'en fait que 30 ; celui de la translation n'en fait que 20. La réduction de vitesse s'opère par une vis sans fin placée dans le prolongement de l'arbre de la dynamo, engrenant avec deux roues Bourdon à galets tronconiques, mobiles autour d'axes placés normalement aux joues des plateaux ; un

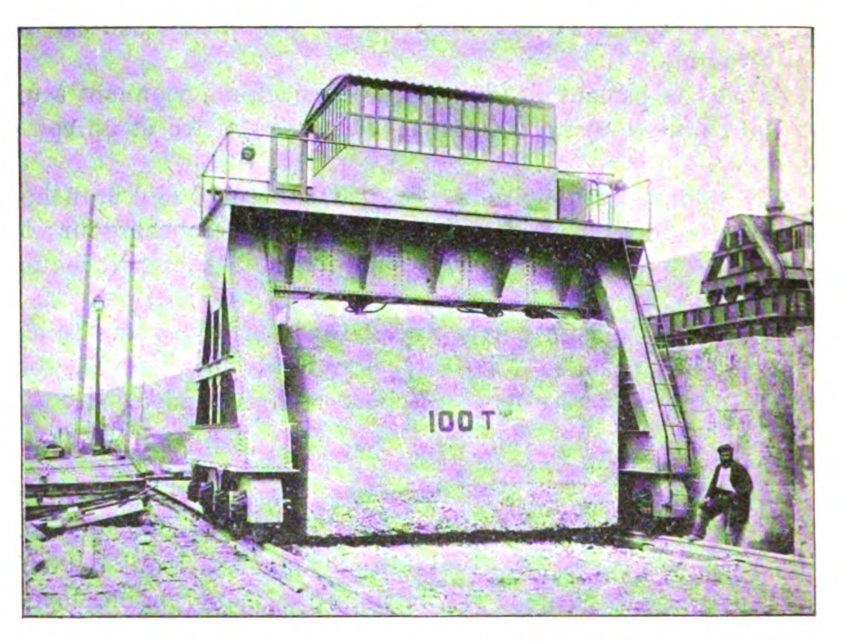


Fig. 19. — Bardeur électrique.

ressort permet un certain déplacement dans la position relative de ces plateaux.

Le changement de marche se fait par inversion de courant.

Voici comment on opère :

Le bardeur étant sur rails, placé au-dessus du bloc à enlever et à transporter, le conducteur ouvre le robinet des presses hydrauliques pour faire descendre les crochets ; aussitôt à hauteur des étriers, il le fait avancer et les crochets sont embecquetés ; il met alors les pompes en mouvement, elles aspirent l'eau d'une bâche placée sous le plancher et la refoulent sous les pistons des presses ; le bloc est soulevé de 0,20 à 0,30 *m* ; le con-

ducteur arrête les pompes, il embraye le mouvement de translation, qui se fait par l'intermédiaire d'un arbre sur lequel sont placés deux pignons portant des chaînes de Galle, lesquelles viennent s'enrouler chacune sur une roue placée de chaque côté du bardeur, et calée sur le même axe que la roue porteuse (*fig.* **20**).

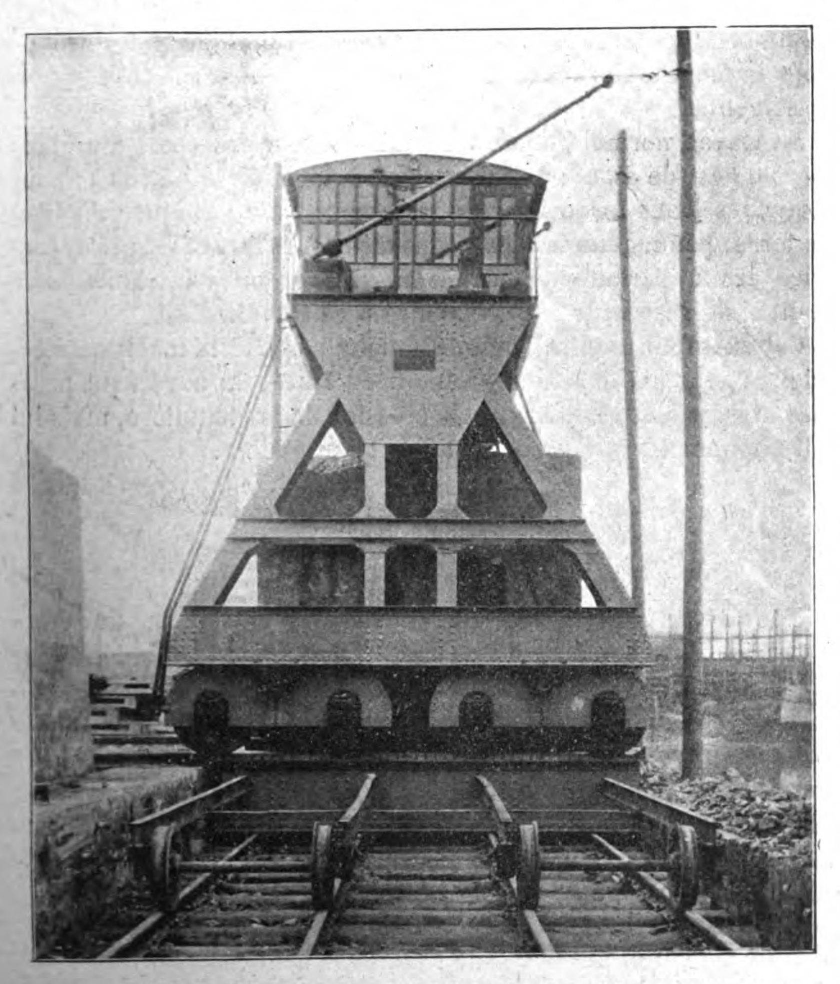


Fig. 20. — **Bardeur et bloc sur truck électrique.**

Le bardeur se met alors en marche vers la fosse à chariot ; les rails du truck étant dans le prolongement de ceux du parc, le bardeur roule dessus ; arrivé en place, le conducteur ouvre le robinet des presses, l'eau retourne à la bâche et le bloc descend sur le truck.

Il fait ensuite machine en arrière, et retourne alors prendre un nouveau bloc pour recommencer le même travail.

Nous avons dit que, lors de la première opération de manutention des blocs, il s'était fait des tassements assez grands dans la voie, malgré les précautions prises et la dimension des rails employés. Ces tassements eurent pour conséquence d'exiger l'emploi d'une force beaucoup plus considérable que celle prévue pour la marche normale, pour franchir les rampes formées par ces tassements.

En travail normal l'effort nécessaire pour le transport d'un bloc de 100 *t* est de 12 *ch* ; la réceptrice est de la force de 15 *ch* ; pour sortir des trous formés par les tassements, il a fallu jusqu'à 40 *ch* de force, pendant un laps de temps très court il est vrai ; la réceptrice les a parfaitement transmis, les organes intermédiaires étant assez résistants pour répondre à ce travail.

Cet exemple montre quelle élasticité possède la machine électrique ; avec une machine à vapeur de 15 *ch*, on aurait pu peut-être arriver à 20 *ch* en forçant la pression de la chaudière, mais lui faire donner 40 *ch* eût été tout à fait impossible.

Truck.

Nous avons laissé le bloc sur le truck, qui circule sur une fosse à chariot. Il se compose d'une plate-forme ayant 6 *m* de longueur sur 4,60 *m* de largeur, reposant par l'intermédiaire de huit longerons de 0,35 *m* de hauteur, sur quatre essieux placés deux par deux dans la même ligne, à chaque extrémité du truck. Sur chacun des essieux sont calées des roues de 60 *cm* de diamètre ; par suite, la voie sur laquelle roule ce truck est à quatre files de rails placés sur des traverses d'une seule longueur ; ces rails sont, comme ceux du bardeur, du poids de 54 *kg* le mètre.

Les huit longerons sont réunis à leurs extrémités par des traverses de 750 *m* de haut, sur lesquelles sont fixés les rails, qui servent de chemin de roulement au bardeur, ils sont pour cela à tous les instants au même niveau que ceux du parc.

La translation se fait à l'aide d'une dynamo réceptrice semblable à celle du bardeur, ayant même force, mêmes organes de réduction de vitesse ; l'arbre sur lequel sont calés les plateaux à galets porte à ses extrémités deux pignons qui attaquent deux roues dentées, placées chacune sur les essieux d'une des extrémités.

La dynamo tourne à 600 tours par minute, les essieux à 5,7 tours; la réduction de vitesse est donc de 105 : 1.

La prise de courant se fait par deux galets en bronze, placés sur les côtés et soulevant les circuits, le courant arrive aux bornes d'un commutateur à rhéostat placé sur l'avant du truck et dont la manette est à hauteur convenable pour la manœuvre. Le changement de marche se fait de la même façon et avec les mêmes précautions qu'au bardeur.

Le bloc repose sur deux pièces de bois de chêne placées convenablement pour la bonne répartition de la charge sur la plate-forme.

Le truck, mis en mouvement, vient se placer au-dessous de l'appareil transbordeur; le bloc est enlevé par ce dernier et le truck retourne en recevoir un nouveau.

Transbordeur.

Le transbordeur (*fig. 21*) est à peu près semblable comme construction au bardeur, il en diffère cependant par l'attache

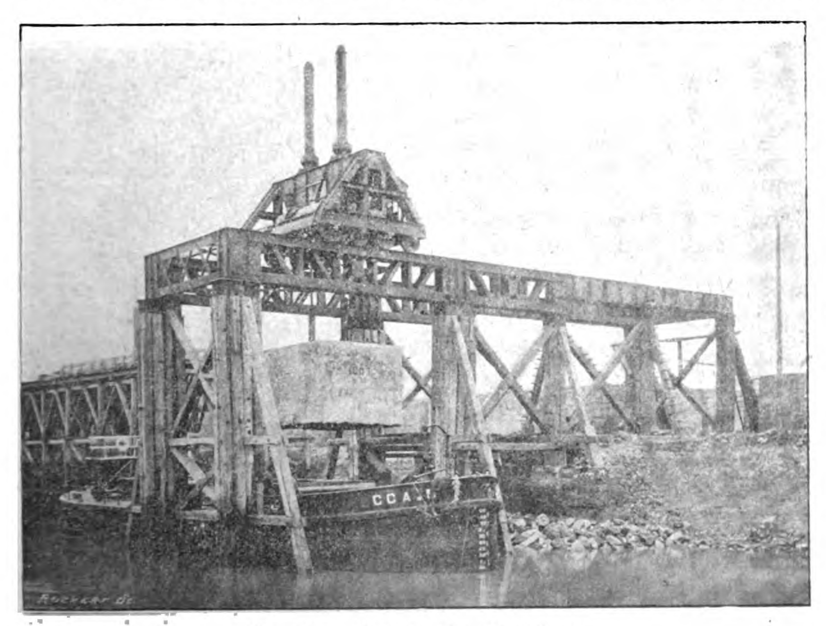


Fig. 21. — Transbordeur électrique.

des roues, qui sont fixées rigidement aux longerons au lieu de l'être par l'intermédiaire de balanciers, ce qui est inutile dans

ce cas, la voie étant parfaitement solide sur ses poutres; il en diffère encore par la longueur des presses hydrauliques dont les pistons ont ici une course de 7 *m*, cette grande course étant nécessitée par les différences de niveau de l'eau, en raison de la marée. Il en diffère enfin par les pompes des presses qui ont des diamètres différents; l'une, étant destinée à fournir l'eau pour le levage du bloc, est à petit diamètre, l'autre, pour le levage des pistons et des crochets seulement, a un plus grand diamètre pour faire ce relevage en peu de temps.

La réceptrice et les organes de réduction de vitesse sont exactement les mêmes que ceux du bardeur et du truck, la mise en marche et l'arrêt se font avec les mêmes précautions et de la même manière qu'aux deux machines précitées.

Cet appareil roule sur des rails espacés de 5,70 *m* fixés sur de fortes poutres en fer de 1 *m* et 1,70 *m* de hauteur portées par cinq palées en bois; les deux travées du milieu sont entretoisées et croisillonnées dans le sens longitudinal, les deux travées extrêmes restant libres, l'une pour le passage du truck chargé du bloc, et l'autre, celle du côté de la darse, pour le passage des chalands à clapets.

Les deux palées de cette travée sont composées de pieux de 25 *m* de longueur, dont 12 à 13 *m* de fiche; cette grande pénétration a été nécessitée par la nature du terrain, la place où est construit cet échafaudage étant l'ancien lit du Nervion qui s'est ensablé et envasé après la rectification; de grandes précautions étaient à prendre afin d'éviter des tassements, la charge à porter en travail étant de près de 200 *t*.

Les pieux n'ont pas pu être battus au refus; malgré cela, il n'y a pas eu de tassements dangereux, la surface de frottement étant suffisante; chaque montant de la palée est composé de huit pieux solidement reliés par des boulons et par un chapeau en tôle et cornières, sur lequel repose la poutre.

La manœuvre de transbordement se fait de la façon suivante : le bloc étant sur le truck entre les deux dernières palées terre, le transbordeur est amené au-dessus; le conducteur laisse descendre les pistons et crochets; par un petit mouvement en avant, ils viennent s'embecqueter seuls dans les étriers. La petite pompe est mise en mouvement, elle aspire l'eau du réservoir placé sur l'appareil du côté opposé à la cabine vitrée, et la refoule dans les presses, le bloc est soulevé; si la marée est haute, il faut le lever, jusqu'au-dessus des parois des coffres des bateaux, cela

peut aller jusqu'à 1,50 *m* ; si, au contraire, elle est basse, il suffit de le lever de quelques centimètres pour le dégager de dessus le truck, de l'amener au-dessus du bateau et de le descendre d'une hauteur qui peut atteindre 7,60 *m*.

Dans ce cas, la course du piston des presses n'est pas assez longue ; une disposition spéciale y obvie : deux éclisses de 1,30 *m* de longueur, attachées à demeure au piston et entre lesquelles glisse le crochet, permettent d'allonger ou de raccourcir, suivant les besoins de la marée, la hauteur de charge.

A l'arrivée au-dessus du bateau, le conducteur ouvre le robinet des presses et le bloc descend dans la caisse placée au-dessous de lui ; il vient s'appuyer sur deux clapets dont nous parlerons plus loin. L'opération faite, le transbordeur retourne prendre un autre bloc sur le truck pour l'amener au bateau.

En moins d'un quart d'heure, les trois appareils lèvent, transportent et chargent un bloc de 50 m^3.

Dès le premier jour de la mise en marche, c'est-à-dire en 1890, cette installation a parfaitement fonctionné et elle a continué à le faire depuis, sans aucun arrêt ni accident.

Les dépenses sont moindres avec l'emploi de l'électricité qu'avec la vapeur : sur chaque appareil, il aurait fallu monter une chaudière et une machine à vapeur ; la dépense de charbon n'aurait pas été moindre de 10 à 15 *kg* par cheval-heure effectif pour d'aussi petites machines, sans détente ni condensation, et étant donnée l'obligation de maintenir continuellement la pression dans la chaudière, en attendant même, en cas de temps incertain, que l'état de la mer devînt beau ; tandis qu'avec l'installation électrique et bien que le rendement de l'ensemble ne soit que de 55 0/0 environ, en y comprenant la perte provenant des organes de réduction de vitesse (vis, roues et galets), la dépense de charbon ne dépasse pas 5 à 6 *kg* par cheval et par heure, car il suffit que le chauffeur des générateurs de l'atelier central soit prévenu quelques instants avant le travail, pour pousser son feu et fournir la vapeur nécessaire à la machine compound actionnant la génératrice.

Il en est de même pour la main-d'œuvre : il faut un seul ouvrier mécanicien-électricien qui, en même temps qu'il conduit la machine à vapeur et la génératrice, a la surveillance des machines électriques. Trois ouvriers manœuvres conduisent le bardeur, le truck et le transbordeur. Si de petites machines à vapeur avaient été employées, il aurait fallu trois chauffeurs-mécaniciens au lieu

d'un, avec des manœuvres pour apporter et monter le charbon et l'eau aux appareils. L'emploi de l'électricité supprime donc plus de la moitié des hommes.

Quant à l'entretien, il est pour ainsi dire nul avec l'électricité; la plus grande dépense consiste à remplacer les balais à des intervalles encore assez longs.

Avec la vapeur, il y a la chaudière à entretenir, les tubes à remplacer souvent, surtout à Bilbao, où les eaux sont très mauvaises; la machine à vapeur, à cause de ses nombreux organes, demande beaucoup de soins et d'entretien; là encore les dépenses du côté électrique sont beaucoup inférieures.

Le danger pour le personnel est nul, bien que les fils soient nus; ils sont souvent touchés par les ouvriers, sans autre inconvénient qu'une petite secousse pour celui qui se met en contact.

Cette installation d'un chantier de travaux publics avec emploi de l'énergie électrique, qui, nous le croyons, a été la première du genre, nous a donné une telle satisfaction que nous n'avons pas hésité un seul instant à équiper nos deux autres chantiers de la même façon.

MM. Hillairet et Huguet, nos collègues, nous ont fourni les appareils électriques, leurs conseils nous ont été très précieux.

Chalands à clapets pour le transport des blocs artificiels.

Les blocs sont chargés sur des bateaux à clapets qui les conduisent à la mer (*fig. 22 et 23*).

Ces bateaux présentent quelques nouveautés dans leur cons-

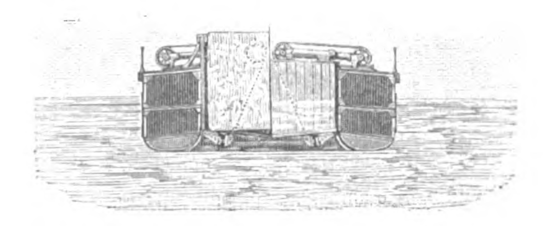


Fig. 22. — Chaland à clapets. Coupe transversale.

truction; ils ont 32 *m* de longueur, 7,30 *m* de largeur et 2,25 *m* de creux. Des puits sont ménagés en leur milieu pour recevoir les blocs, soit de 30 m^3, soit de 50 m^3.

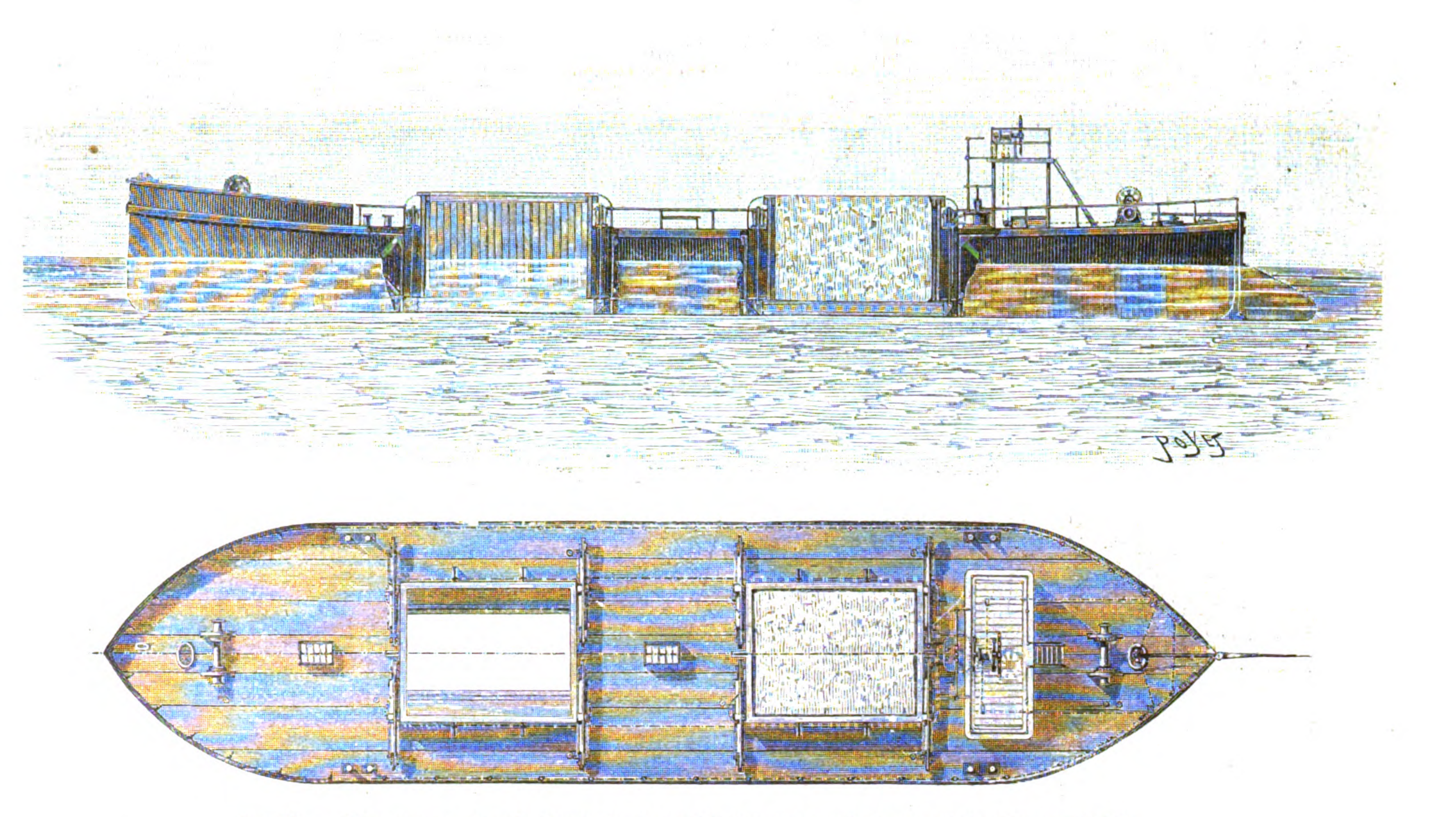


Fig. 23. — Plan et coupe longitudinale du chaland à clapets pour le transport des blocs artificiels.

Comme la coupe transversale l'indique, les blocs viennent reposer chacun dans un puits sur deux petites portes reliées par des charnières aux parois latérales et supportées à leurs extrémités par quatre chaînes venant passer sur des poulies fixées aux têtes de pistons de quatre presses hydrauliques.

L'eau sous pression est fournie aux huit presses par une pompe à deux pistons de diamètres différents; cette pompe est mue à bras; le grand piston sert au relevage de la porte à vide, le petit au soulèvement du bloc pour l'enlèvement du déclic.

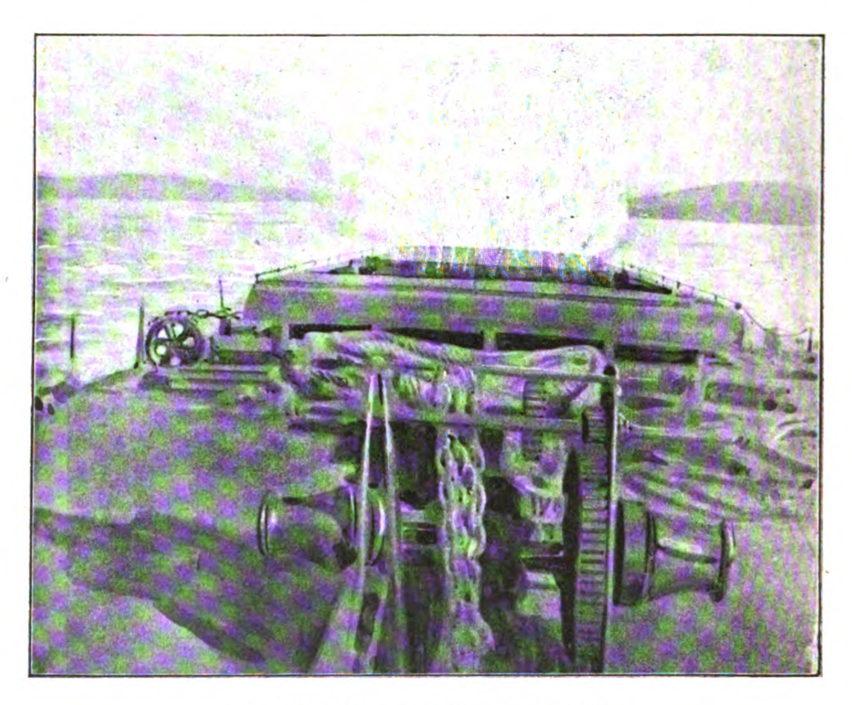


FIG. 24. — Immersion d'un bloc de 100 *t*.

Les diverses opérations se font comme suit : le bateau se présente sous le transbordeur ; à ce moment, les portes sont relevées et les chaînes qui les soutiennent sont encliquetées, afin de ne pas laisser la charge porter sur l'eau des presses ; les blocs sont descendus dans les puits et s'appuient sur les portes ; le bateau est ensuite remorqué jusqu'aux jetées ; là des sondeurs indiquent au patron à quel point ils doivent être déchargés. Quelques centaines de mètres avant l'arrivée à destination, la pompe est mise en mouvement par quatre hommes ; la pression arrivant aux

presses tend les chaînes, les cliquets, devenus libres, sont abattus, la charge du bloc repose alors entièrement sur l'eau des presses; au signal donné, il suffit d'en ouvrir les soupapes; l'eau revient à la bâche, les petites portes s'abaissent et les blocs coulent; une

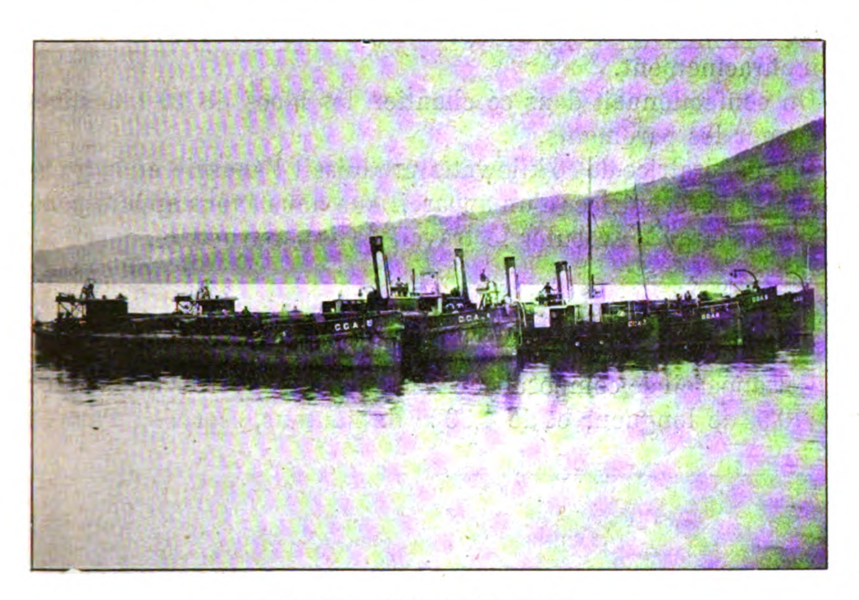


Fig. 25. — Flotte de l'entreprise.

grosse gerbe d'eau *(fig. 24)* s'élève et retombe à travers le puits et l'opération est terminée.

La photographie ci-contre montre la flotte chargée du transport des matériaux à la mer *(fig. 25)*.

Chantier du brise-lames à Santurce.

Le deuxième chantier est celui du brise-lames à Santurce.

La première installation, car il y en a eu deux, était établie à terre le long de la route de Santurce au brise-lames, non loin de son enracinement.

On confectionnait dans ce chantier les blocs de 10 *t* destinés à former les parements.

Une génératrice de 36 kilowatts produisait l'énergie et la transmettait aux réceptrices d'un appareil que nous avons appelé pont-atelier, chargé d'exécuter le travail de superstructure.

Pont-atelier *(fig. 26)*.

Cet appareil se composait de deux grandes poutres en acier de 31,70 *m* de longueur et de 4,50 *m* de hauteur, espacées d'axe en

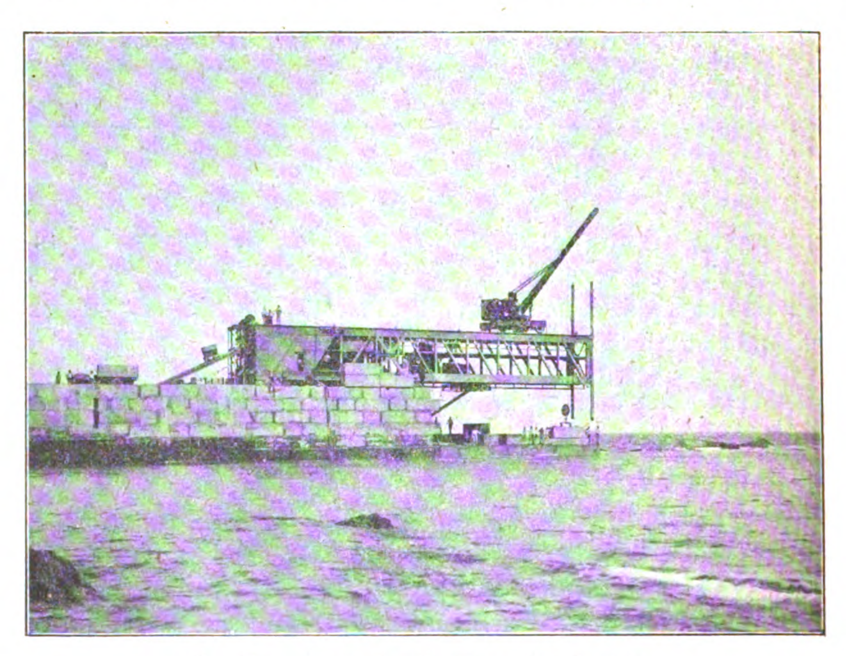


Fig. 26. — Pont-atelier électrique. (Vue de côté.)

axe de 3,75 *m*, et reliées à la partie inférieure, au milieu et à la partie supérieure, par des entretoises, et fortement contreventées. Sur ces entretoises, étaient posés des madriers qui formaient le

plancher des trois étages sur lesquels se faisaient les différentes opérations nécessaires à la construction du brise-lames.

Au premier étage se trouvait une bétonnière à tambour pouvant avancer et reculer mécaniquement sur une voie de 20 *m* de longueur ; elle était actionnée par une dynamo réceptrice à enroulement compound de 12000 watts à 600 tours et sous 200 volts de F. E. Cette dynamo tournait toujours dans le même sens, l'avancement et le recul de la bétonnière se faisaient par l'intermédiaire d'un embrayage à friction commandant les deux mouvements. Un rhéostat avec des résistances appropriées était intercalé dans le circuit, pour régulariser la mise en marche et l'arrêt de la réceptrice.

Une dynamo semblable, placée à l'arrière de l'appareil, commandait un arbre vertical qui transmettait le mouvement aux monte-charges des wagonnets à matériaux ; il commandait aussi le mouvement de translation de la grue placée au troisième étage. Cette réceptrice actionnait en outre une pompe centrifuge fournissant l'eau nécessaire à la confection du béton ; cette eau arrivait dans les réservoirs situés au deuxième étage ; de là par un tuyau en caoutchouc enroulé sur un tambour par l'axe duquel sortait le tuyau, l'eau arrivait à la bétonnière ; un robinet manœuvré à la main en réglait la distribution.

Enfin elle commandait, par l'intermédiaire d'une vis, d'une roue hélicoïdale et de chaînes Galle, la translation de l'appareil entier.

Au deuxième étage arrivaient les wagonnets chargés du mélange (pierre cassée, sable et ciment) pour faire le béton ; ils roulaient sur deux voies, les wagons pleins d'un côté, les wagons vides de l'autre. Ces wagons étaient montés et descendus par des chaînes à taquets les entraînant par l'essieu.

Au troisième étage roulait sur une voie ayant l'écartement des poutres (3,75 *m*). une grue de 10 *t* dont les mouvements de levage et d'orientation se faisaient à la main ; cette grue avait pour fonction de mettre en place les blocs formant les parements du corps de la superstructure (*fig. 27*).

L'ensemble de la charpente reposait par l'intermédiaire de quatre balanciers sur seize roues, huit de chaque côté, roulant sur deux voies espacées entre elles de 3,05 *m* et dont l'écartement était de 0,70 *m*.

Huit roues étaient placées tout à fait à l'arrière, et huit à 11,60 *m* du même point, en sorte que l'appareil était en porte à faux sur

ce dernier appui, de 20,10 *m.* Un contrepoids en fonte était placé dans le coffre arrière pour faire équilibre à ce porte à faux.

Cet appareil fonctionnait très bien, quand survint la tempête du 21 février 1893 ; nous l'avions abrité contre les lames en

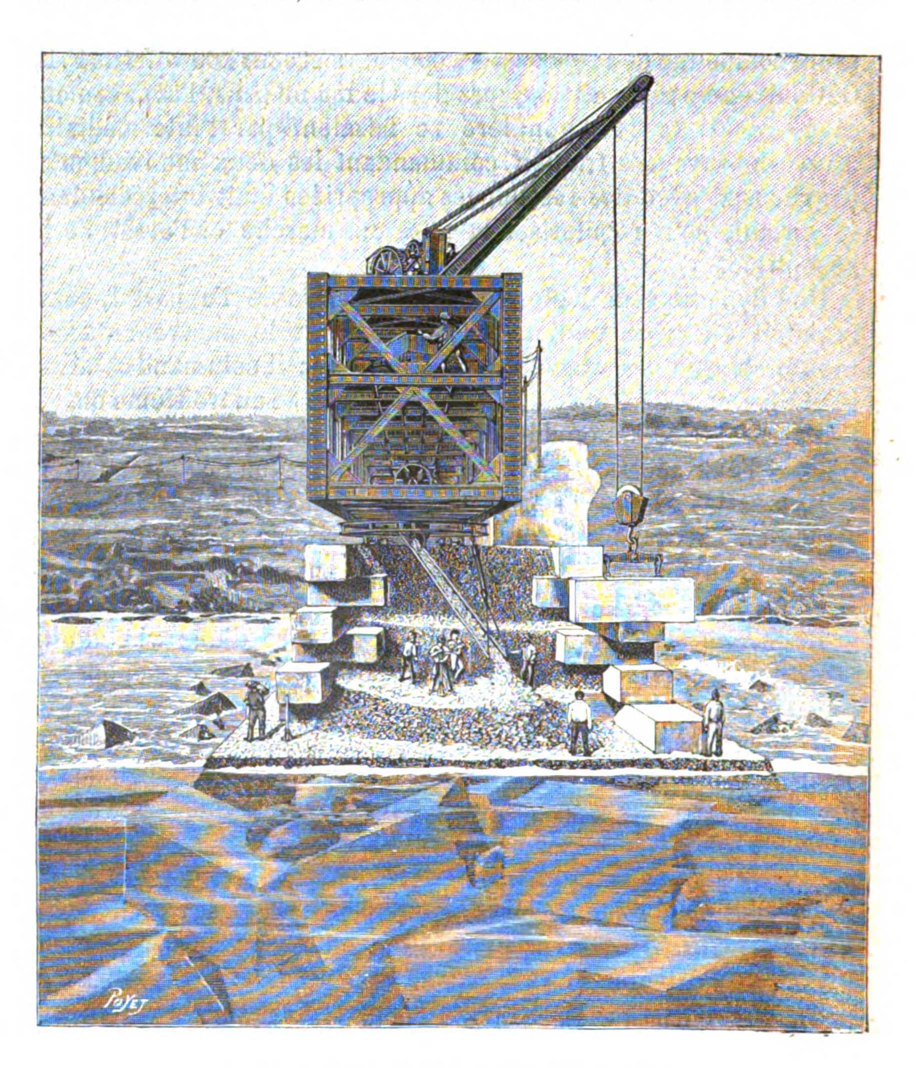


Fig. 27. — Pont-atelier électrique. (Vue en bout.)

plaçant des blocs de 10 *t* du côté de la mer ; ceux-ci furent projetés contre l'appareil, la partie en porte à faux fut tordue, croquée et finalement renversée à la mer du côté intérieur (*fig. 28*).

La grue de 10 *t*, qui était placée sur la culasse, ne fut pas atteinte et nous servit à démolir l'appareil ; les pièces étaient tellement déformées qu'il fallut en faire un neuf.

Ce fut l'occupation des mois de mars et d'avril.

Le 14 mai suivant, le nouveau était sur pied et recommençait à travailler. Tout l'été se passa sans encombre, l'avancement, comme nous l'avons dit déjà, était de 253 *m* ; le mois d'octobre arrivé, l'appareil fut remisé en arrière, protégé par le mur d'abri.

La tempête du 19 novembre ne respecta pas plus le pont-atelier que le brise-lames et cette fois il fut jeté à l'eau du côté intérieur

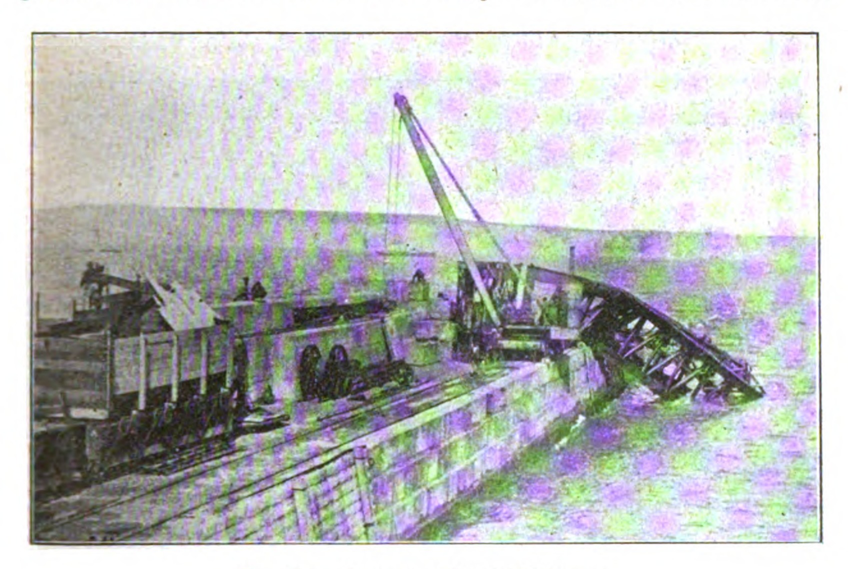


Fig. 28. — Le pont-atelier jeté à la mer.

du port d'une seule pièce ; la tempête calmée, on n'en voyait plus trace.

Nous avons pu cependant le repêcher par morceaux.

Par suite des modifications apportées dans la construction du soubassement et de la superstructure de la jetée, nous avons dû modifier le matériel d'exécution. Nous avons supprimé l'installation faite le long de la route de Santurce, toutes les manipulations se faisant sur le brise-lames même.

Grue-titan électrique de 60 *t*. *(fig. 29)*.

Nous avons étudié et fait construire un titan électrique capable de décharger les blocs artificiels de 60 *t* venant par bateau du

chantier central d'Axpe, de les mettre en place, soit dans des caissons, soit en protection, à 15 *m* de l'axe de l'appareil, soit enfin en parement à la superstructure ; de manœuvrer une cloche à air comprimé pesant 40 *t* jusqu'à une distance de 20 *m* et de décharger des petits enrochements, pesant avec la caisse, dans laquelle ils sont contenus, environ 15 *t* jusqu'à la distance de 30 *m* de l'axe.

L'appareil est en acier ; il se compose d'une partie tournante de 47,80 *m* de longueur totale, dont 31,80 *m* pour la volée et 16 *m* pour la culasse ; elle est formée de deux poutres espacées de 1,80 *m* d'axe en axe ; sur leur sommet et sur la volée, sont

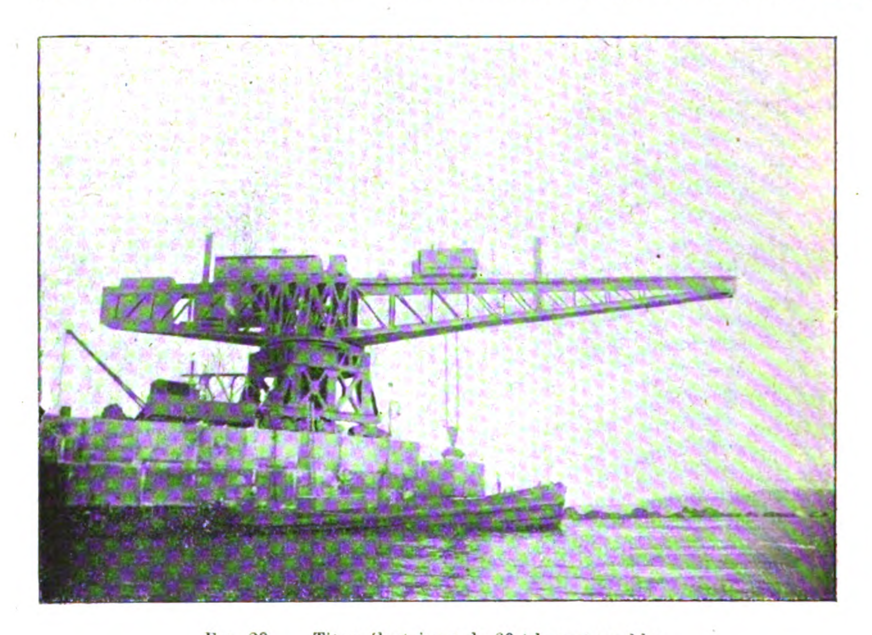


Fig. 29. — Titan électrique de 60 *t* levant un bloc.

placés des rails sur lesquels circule le treuil de manœuvre des charges. Ces deux poutres sont entretoisées à leurs extrémités, à chaque montant vertical sur la culasse, et au centre, jusqu'à l'aplomb du cercle de roulement. Sur la volée, une seule entretoise en forme de fer à cheval relie les deux poutres, en laissant la hauteur nécessaire au passage du treuil. Cette partie tournante porte sur sa culasse la chaudière, la machine à vapeur et la génératrice ; elle porte également le mouvement d'orientation.

Un contrepoids en maçonnerie, placé à l'extrémité de la culasse, équilibre le poids de la volée, du treuil et des charges à ma-

nœuvrer. Cette partie tournante repose par l'intermédiaire d'une couronne de galets placés entre deux cercles de roulement, sur une plate-forme à laquelle elle est reliée par un pivot. Les cercles de roulement ont un diamètre de 6,24 *m*, la couronne dentée d'orientation est boulonnée sur la plate-forme extérieurement au cercle de roulement inférieur.

La plate-forme repose sur deux chevalets espacés de 5,94 *m* d'axe en axe, l'ensemble est porté par six groupes de quatre roues chacun par l'intermédiaire de balanciers; ces roues roulent sur deux voies dont les rails sont espacés de 0,50 *m*; c'est sur celles-ci que se fait la translation de l'appareil; elle s'opère par l'intermédiaire de quatre chaînes de Galle attaquant chacune, par une roue dentée calée sur l'essieu, une paire de roues. Le

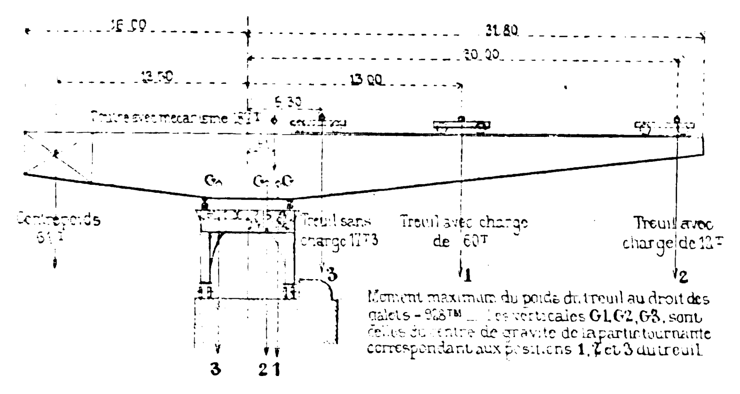


FIG. 30. — Grue-Titan de 60 *t* du brise-lames. Stabilité de la partie tournante.

mouvement est transmis à ces chaînes par quatre pignons placés à l'extrémité de deux arbres actionnés par la dynamo placée dans la hauteur de la plate-forme. La distance d'axe en axe des balanciers extrêmes est de 6 *m*.

Le diagramme ci-contre donne l'indication des positions des diverses charges et celle du centre de gravité de la partie tournante dans les trois positions extrêmes du treuil roulant (*fig. 30*) :

1° Le treuil avec charge de 60 *t*,
2° Le treuil avec charge de 15 *t*,
3° Le treuil sans charge.

Le centre de gravité de la partie tournante en charge passe à 0,84 *m* à l'intérieur avant du cercle de roulement.

Le centre de gravité de la partie tournante sans charge passe à 0,99 *m* à l'intérieur arrière du cercle de roulement.

En somme, la charpente de cet appareil ressemble à celles du même genre construites par les constructeurs français.

Ce qui le distingue de ses congénères, c'est la nature de l'énergie employée pour son fonctionnement.

C'est une véritable petite usine électrique. La génératrice est montée sur l'appareil même ; elle fournit non seulement l'énergie aux réceptrices commandant les différents organes de l'appareil, mais encore à toutes les autres machines employées à la construction.

La génératrice est de 40 kilowatts à 220 volts ; elle est com-

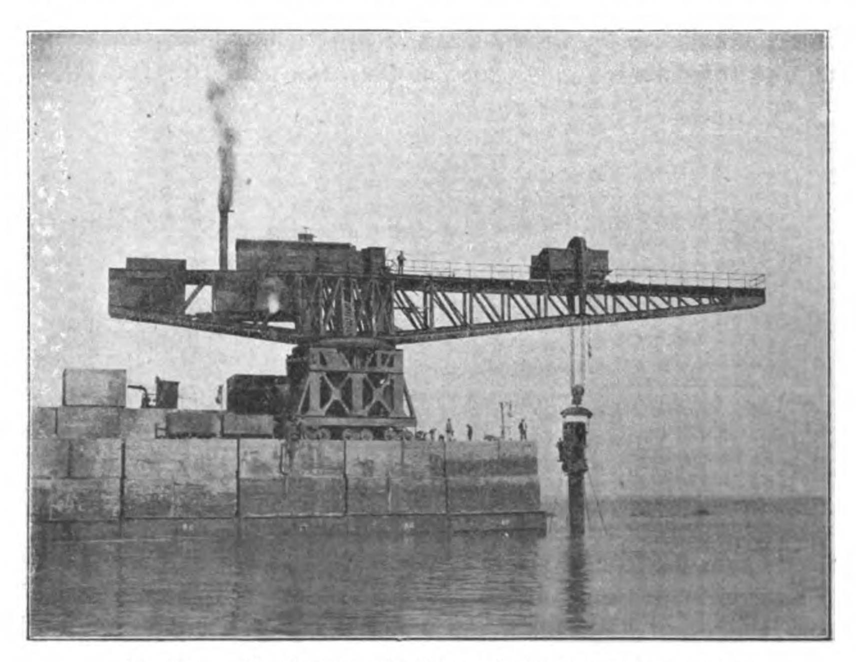


Fig. 31. — Titan électrique de 60 *t* avec la cloche à air comprimé.

mandée par une machine Willans compound marchant à 470 tours, qui reçoit la vapeur d'une chaudière Niclausse ; elle distribue l'énergie à huit réceptrices.

1° A une réceptrice de 36 kilowatts, commandant les différents mouvements du treuil, levage, descente, translation ;

2° A une réceptrice de 12 kilowatts, commandant, par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un pignon engrenant dans la couronne dentée, le mouvement d'orientation ;

3° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant la translation, sur ses rails, de l'ensemble de l'appareil ;

4° A une réceptrice de 6 kilowatts, commandant un compresseur placé sur le sommet de l'écluse à air de la cloche de dressage des enrochements.

5° A une réceptrice de 4,5 kilowatts, commandant une petite pompe centrifuge, fournissant l'eau au réservoir d'alimentation de la chaudière, amenée d'Axpe par une citerne, et l'eau nécessaire à la confection du béton de remplissage ;

6° A une réceptrice de 12 kilowatts actionnant une grosse pompe centrifuge qui épuise l'eau des caissons, aussitôt que les blocs sont mis en place, pour couler le béton entre et sur ces blocs ;

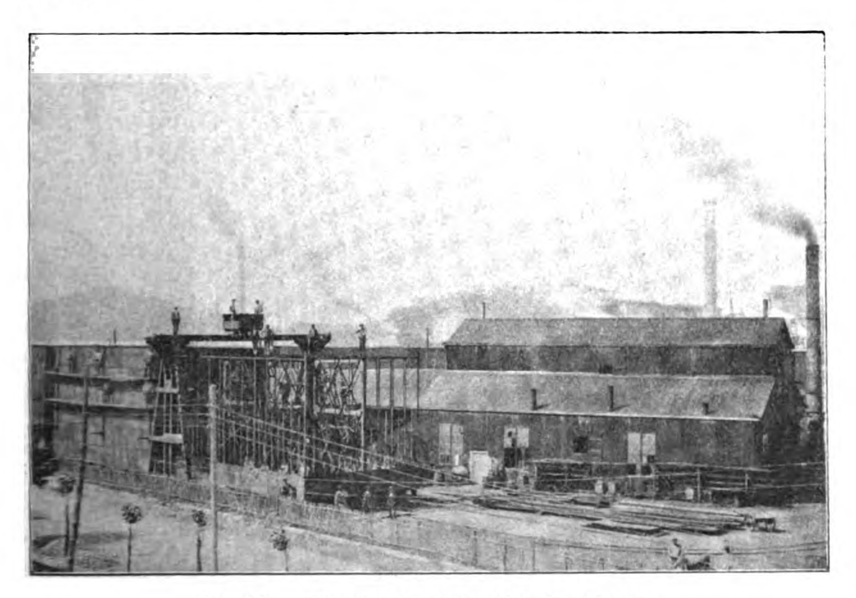


Fig. 32. — Chantier de construction des caissons.

7° A une réceptrice de 12 kilowatts actionnant un monte-charges approvisionnant les matériaux (pierre cassée, sable et ciment) nécessaires à la confection du béton ;

8° Enfin à une réceptrice de 12 kilowatts, actionnant le tambour de bétonnière fabricant le béton de remplissage des caissons et de la superstructure, ainsi que la translation sur rails de cette bétonnière.

Voici comment on procède à l'exécution :

Supposons un tronçon de 7 *m* complètement achevé, le titan avancé jusque près de sa face avant, prêt à en commencer un nouveau.

On nivelle d'abord la place où doit être posé le caisson ; pour ce faire, le titan amène en place la cloche à air comprimé disposée pour exécuter ce travail *(fig. 31)*. Cette cloche a comme longueur 7 *m*, la largeur du caisson, 2,50 *m* de largeur et une chambre de travail de 1,90 *m* de hauteur. Sur la chambre de travail un poutrage supporte le plafond, il est noyé dans un massif de béton qui fait équilibre à la sous-pression exercée par l'air comprimé envoyé dans la chambre de travail. On accède à cette chambre en passant par une écluse à air, boulonnée sur la cheminée d'accès dans laquelle se trouve l'escalier de descente.

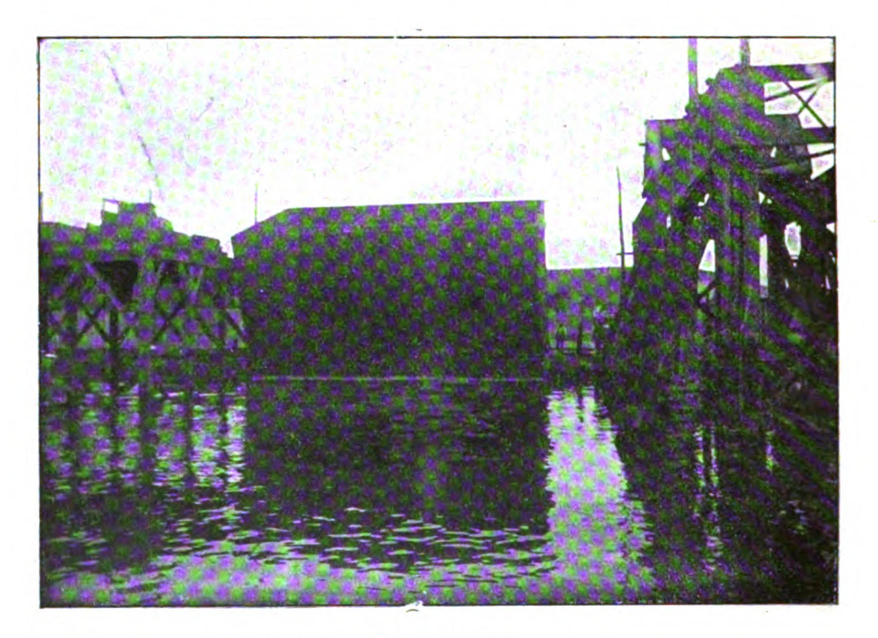


Fig. 33. — Lancement d'un caisson.

Sur le sommet de l'écluse se trouve une petite chambre dans laquelle est renfermé le compresseur, mis en mouvement par une dynamo recevant le courant de la génératrice par deux simples fils venant du titan, qu'il suffit de connecter avec les bornes de la dynamo.

Les ouvriers descendent dans la chambre et règlent la surface des enrochements ; il faut environ vingt-quatre heures pour ce travail. Une fois achevé, la cloche est soulevée à nouveau par le titan et remisée à l'intérieur du port, le long du brise-lames.

Le caisson est ensuite amené. Ces caissons sont construits au chantier central (*fig.* **32**); ils pèsent environ 30 *t* chacun. Pour les conduire au plan incliné de lançage, on les monte sur deux wagonnets-plates-formes à voie de 0,60 *m*, qui viennent se placer sur le truck électrique qui les conduit lui-même au plan incliné; celui-ci est composé de deux rails fixés sur deux murs en maçonnerie, inclinés à 3 de base pour 1 de hauteur.

Les plates-formes comportent chacune une bascule sur laquelle repose le caisson, il suffit de déclencher un renard qui les maintient horizontalement, pour les faire avec un faible effort basculer et le caisson glisse à l'eau (*fig.* *33*).

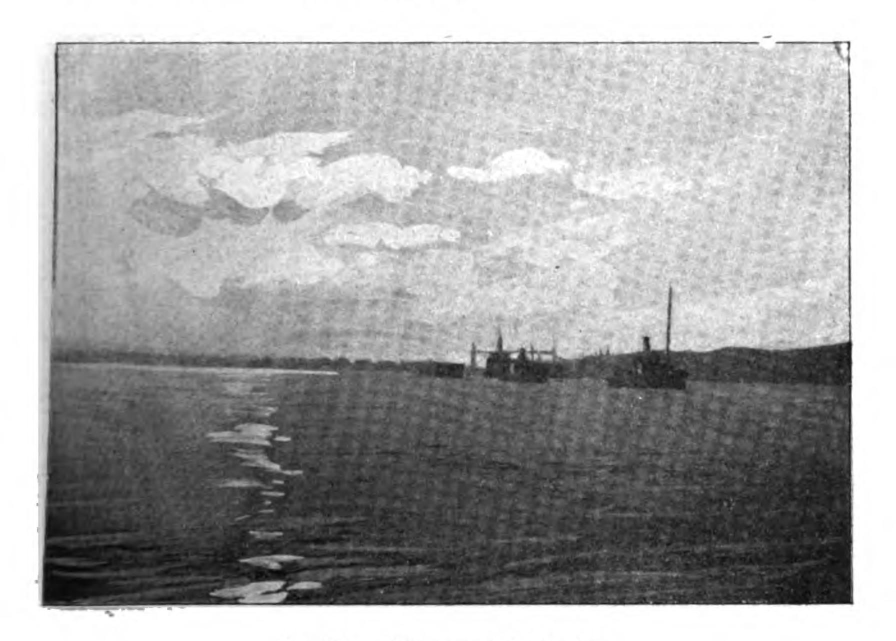


FIG. 34. — Remorquage d'un caisson.

Après le lançage, le caisson est conduit sous une bétonnière, qui dépose sur son plafond une couche de 1,50 *m* de béton, c'est en cet état qu'il est remorqué au brise-lames (*fig.* *34*).

Aussitôt arrivé en place, il est saisi de chaque côté par des amarres enroulées sur des treuils placés à terre, qui le tirent dans le prolongement de la partie déjà exécutée ; quand il est bien à sa place, une grosse pompe centrifuge mue par une réceptrice est amenée par le titan auquel elle est suspendue, on fait les connections et la pompe remplit le caisson, un clapet placé

dans l'une des parois active l'enfoncement. Dès que le caisson touche le fond, la pompe est arrêtée et remisée derrière l'appareil (*fig. 35*).

Les blocs de 60 *t*, amenés par bateau du chantier central, sont pris par le titan et descendus dans le caisson ; il y a deux assises de 6 blocs dans chacun d'eux; une fois placés, la pompe centrifuge est reprise, le clapet du caisson est fermé et l'épuisement commence. Les blocs servent d'appui aux parois, qui ne pourraient sans cela résister à la charge d'eau extérieure qui varie de 3,50 *m* à 5,50 *m* ; l'épuisement achevé, une bétonnière

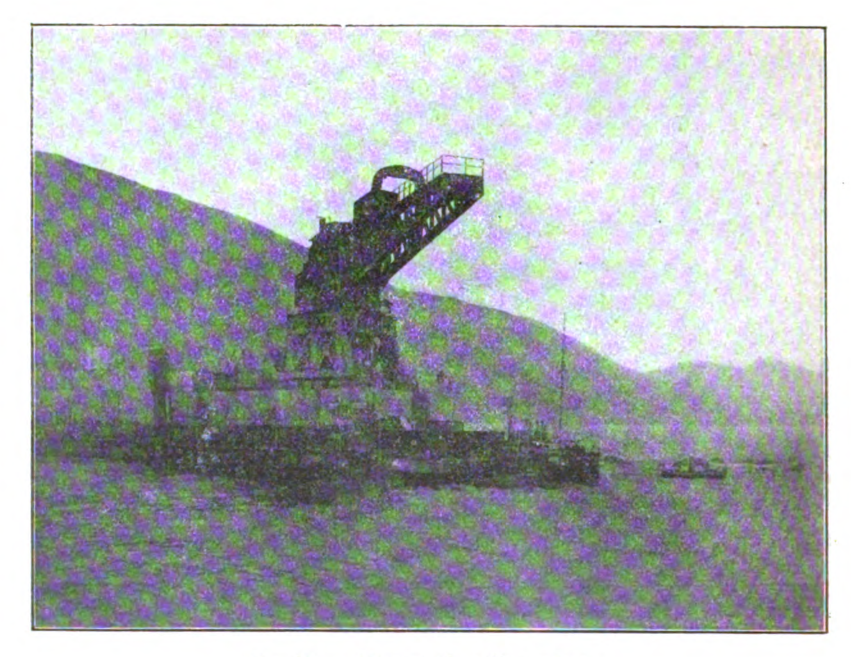


Fig. 35. — Mise en place d'un caisson.

termine le remplissage du caisson en garnissant les lits et les joints des blocs, ainsi que la couche de 0,50 *m* d'épaisseur en recouvrement de béton en ciment à prise rapide.

Cette bétonnière se compose d'un cylindre monté sur un châssis porté par deux essieux et quatre roues, circulant sur une voie d'un mètre d'écartement. Les matériaux, ciment, sable, pierre cassée, distribués dans la proportion réglementaire, arrivent dans des wagonnets à voie de 0,50 *m*, les caisses sont prises par un monte-charges à crochet mû par une réceptrice, amenées

au-dessus et déversées dans la trémie de la bétonnière où ils sont mélangés avec l'eau nécessaire fournie par une petite pompe centrifuge mue également par une réceptrice ; ces matériaux entrent secs d'un côté du cylindre, sortent de l'autre à l'état de béton et tombent dans le caisson. Cette opération terminée, la pose des blocs de parement commence, puis le remplissage en béton de ciment à prise rapide suit ; les deux assises étant posées et leur intervalle garni, on pose les voies en avancement, le titan s'avance d'une longueur de caisson et est prêt à en recommencer un nouveau. Par beau temps, l'opération complète dure trois à quatre jours ; nous sommes parvenus pendant un beau mois de juin à en placer 9 ; par contre, il y a certains mois où nous n'avons pu en placer que deux. La marche générale est de 30 à 31 caissons pour la campagne de cinq mois, ce qui représente une longueur de 210 à 217 *m* de superstructure.

Comme nous l'avons dit au commencement, il y aura bientôt douze ans que ces travaux nous ont été confiés ; c'est un temps qui semble long pour construire un pareil ouvrage, mais si l'on songe que l'on ne peut travailler que du 15 avril au 15 septembre, c'est-à-dire pendant cinq mois, et que, pendant cette période, il y a bien encore une trentaine de jours pendant lesquels la mer n'est pas maniable, il reste quatre mois de travail par an, soit pour onze ans environ quarante-quatre mois effectifs ; on reconnaîtra qu'il est difficile d'aller plus vite, et que c'est grâce au système et au matériel employé que l'on est parvenu au résultat où nous en sommes au commencement de cette année.

CHANTIER DU CONTRE-MOLE A ALGORTA (*fig. 36*).

Les installations du chantier du contre-môle ne sont pas semblables à celles du brise-lames, parce que les travaux sont exécutés différemment.

On fabrique sur place les blocs de parement, les blocs de 60 *t*, les blocs formant le mur d'abri, et on les charge sur wagons

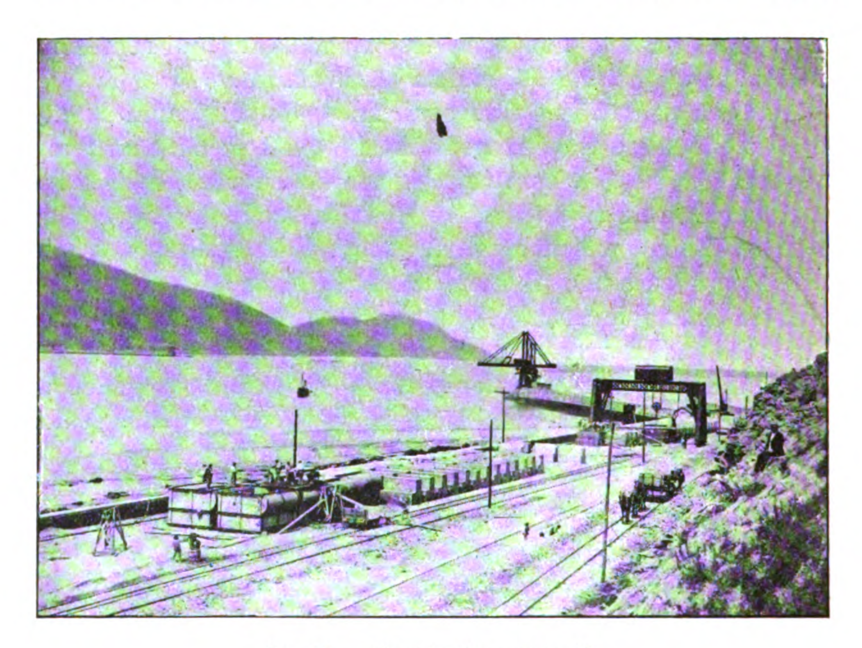


Fig. 36. — Chantier du contre-môle.

pour être conduits à l'avancement; pour cette raison, la génératrice, la machine à vapeur, sa chaudière, en tout semblables à celles du titan de Santurce, sont installées à terre, et l'énergie est distribuée par des circuits montés sur poteaux, à huit réceptrices.

1° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant les organes d'un bardeur;

2° A une réceptrice de 13 kilowatts commandant une pompe

centrifuge fournissant l'eau au chantier et placée à 800 *m* au delà de la route de Las Arenas ;

3° A une réceptrice de 36 kilowatts commandant les différents mouvements du treuil du titan ;

4° A la réceptrice du mouvement d'orientation ;

5° A la réceptrice commandant les organes de translation de l'appareil ;

6° A une réceptrice de 4,5 kilowatts commandant une petite pompe centrifuge fournissant l'eau pour le béton.

7° A une réceptrice de 13 kilowatts actionnant le monte-charge de la bétonnière ;

8° A une réceptrice de 13 kilowatts commandant la bétonnière.

Les matériaux, ciment, sable et pierre cassée, sont amenés la nuit d'Axpe par nos locomotives et nos wagons en empruntant la voie du chemin de fer d'Axpe à Las Arenas, puis par notre voie de Las Arenas au contre-môle. Ces matériaux sont déchargés dans de grandes caisses-magasins placées sur la droite du chantier ; ces caisses sont élevées de 1,70 *m* au-dessus du sol de façon à laisser circuler au-dessous les wagonnets qui portent les matériaux aux différents appareils. Des vis commandant des trappes de fond permettent de distribuer dans ces wagonnets les quantités de matériaux prescrites au cahier des charges.

Les blocs sont fabriqués et disposés comme à Axpe par files ; une fois secs, ils sont levés par un bardeur et chargés sur wagons pour être conduits au contre-môle.

Le bardeur a une portée plus grande que celui d'Axpe, il opère un mouvement de plus que ce dernier, pour cette raison il n'est pas semblable.

Il a 16 *m* d'écartement entre les roues qui le portent, le treuil roule sur deux rails placés sur les deux poutres supérieures espacées de 1,90 *m*. Ce treuil réalise, par sa réceptrice de 36 kilowatts et ses différents engrenages, tous les mouvements suivants : montée et descente de la charge, translation du treuil sur ses poutres et translation de l'appareil sur les rails du parc aux blocs.

Le soubassement et la superstructure du contre-môle sont exécutés par un titan plus grand que celui de Santurce, pouvant décharger et poser des blocs de 60 *t* à 17 *m* de l'axe et des caisses de béton de 18 *t* à 32,20 *m*.

Grue-Titan électrique de 60 *t* (*fig.* 37).

La partie tournante est construite différemment : elle est constituée par des poutres de faible hauteur supportées en divers points de leur longueur par des tirants fixés au sommet d'une grande bigue verticale. Cette disposition procure une plus grande rigidité de l'ensemble sous l'influence des vibrations produites par le fonctionnement du treuil et par le mouvement d'orientation.

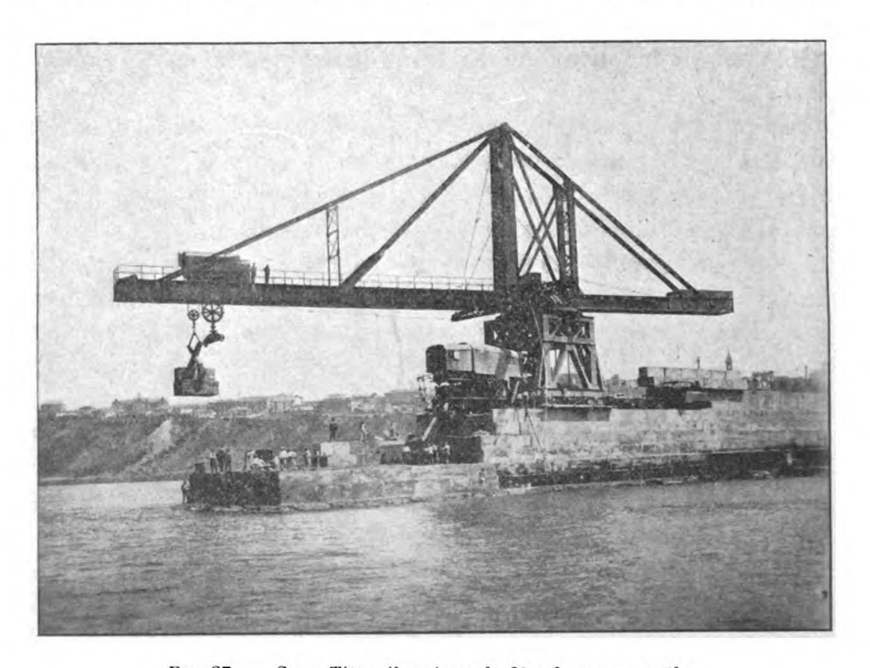


Fig. 37. — Grue-Titan électrique de 60 *t* du contre-môle.

Les cercles de roulement ont le même diamètre ; enfin, pour une plus grande longueur de volée, l'appareil ne pèse pas plus que celui du brise-lames ; mais le portique est boiteux ; en raison de la largeur moindre de la plate-forme du contre-môle, il a fallu faire reposer le côté du large sur le mur d'abri, pour obtenir la base suffisante à la stabilité ; un chevalet est plus court que l'autre.

La partie tournante a 54 *m* de longueur dont 34,50 *m* pour la volée et 19,50 *m* pour la culasse.

Les dispositions mécaniques sont presque identiques à celles

du titan du brise-lames; le mouvement de translation générale diffère par l'adoption de deux arbres verticaux dans la commande des roues porteuses, au lieu de chaînes Galle partant du haut, en raison des longueurs inégales qu'auraient eues ces chaînes.

Il n'y a que quatre chariots à balancier, de chacun quatre roues, au lieu de six chariots; les voies de roulement ont le même écartement et même distance d'axe en axe.

Enfin l'énergie, au lieu d'être produite sur l'appareil même, provient de la génératrice placée à la côte.

Le diagramme donne l'indication des positions des diverses charges et celle du centre de gravité de la partie tournante en charge et à vide *(fig. 38)*.

Comme on le voit, celui-ci passe intérieurement à 0,55 *m* du

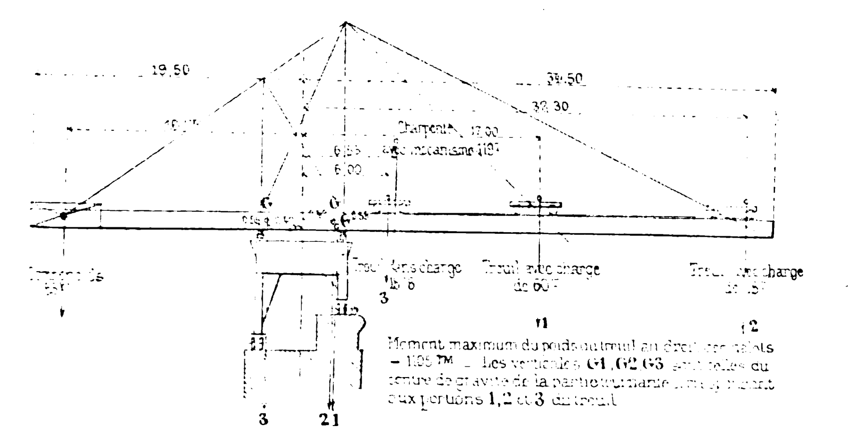


FIG. 38. — Grue-Titan de 60 *t* du contre-môle. Stabilité de la partie tournante.

cercle de roulement vers l'avant dans le cas de la charge de 60 *t*, et à 0,55 *m* vers l'arrière dans le cas où l'appareil est déchargé, le treuil ramené près du centre.

La marge de sécurité n'est pas très grande, et il est indispensable de maintenir la voie absolument de niveau.

Le travail s'exécute de la façon suivante.

Les enrochements naturels sont amenés des carrières d'Axpe par bateaux à clapets et coulés en place comme au brise-lames. Quand deux hivers ont fait tasser ces enrochements, on travaille au soubassement et à la superstructure; le soubassement est formé en partie de blocs de 100 *t* jetés çà et là, et de sacs de béton d'une contenance d'environ 8 m^3.

Ces sacs sont placés et remplis dans de grandes caisses s'ouvrant par le fond ; le béton est fabriqué par une bétonnière semblable à celle de Santurce ; au sortir du cylindre il tombe directement dans la caisse garnie du sac en toile ; quand il est plein, on ferme la partie supérieure en rapprochant et cousant les bords de la toile. La caisse est ensuite soulevée par le titan, conduite et et descendue jusque sur les enrochements, à l'emplacement que doit occuper le sac ; en touchant le fond, les chaines soutenant les clapets par deux verrous deviennent molles, les verrous sont déclenchés ; en soulevant la caisse, les clapets s'ouvrent et le sac reste au fond ; comme il n'est pas remué, le ciment, n'étant pas dilué, n'est pas emporté, il fait prise en se collant aux sacs voisins ; après un jour ou deux, on peut araser la surface à la cote + 1 et commencer la pose des blocs.

Ces blocs sont fabriqués sur le terre-plein précédant le contre-môle : ils le sont par files, un bloc comprend deux assises moulées ensemble, une boutisse et une panneresse, cela a été fait ainsi pour ne pas mettre en mouvement des appareils, comme le bardeur et le titan, pour des masses de 10 *t* seulement.

Le bardeur se place au-dessus du bloc à lever, il le prend avec une tenaille spéciale qui le serre par les côtés, le treuil roulant sur la partie supérieure l'amène sur un wagon, où il est déposé. Une locomotive le conduit ensuite sur le contre-môle, là il est repris par le titan armé également de sa tenaille et mis en place ; les parements sont ainsi préparés, le remplissage se fait, entre eux et par assises, par la bétonnière dont nous avons donné plus haut la description.

Quant au mur d'abri, il n'est pas, comme au brise-lames, moulé sur place, il est composé de tronçons de 5 *m* de longueur moulés sur le terre-plein et amenés après environ trois mois de séchage. Le bardeur charge ces tronçons sur des trucks, le levage se fait en passant deux chaines accrochées au palonnier du treuil autour du morceau à lever ; celui-ci se met en marche, lève le bloc à hauteur de la plate-forme, une locomotive remorque wagon et bloc à l'avancement. Là il est repris et mis en place par le titan. Quand ces tronçons de mur d'abri sont placés sur la longueur préparée, les voies sont posées et le titan s'avance jusqu'à l'aplomb de la dernière assise, prêt à commencer une nouvelle section.

Ces sections sont en moyenne de 20 *m* de longueur ; l'on doit profiter, pour préparer l'arasement, des marées basses de vive eau

qui descendent généralement au-dessous de la cote + 1, niveau sur lequel est posée la première assise.

L'avancement a été de 260 *m* en 1899, il a maintenant 850 *m* de longueur (*fig. 39*).

Les blocs de protection du côté du large sont mis en place, ceux de 100 *t* par les bateaux à clapets, ceux de 60 *t* par le titan qui les arrime le mieux possible de façon à laisser le moins de vide.

A la fin de chaque campagne de travail, c'est-à-dire dans les premiers jours d'octobre, le titan est ramené à la côte, pour ne

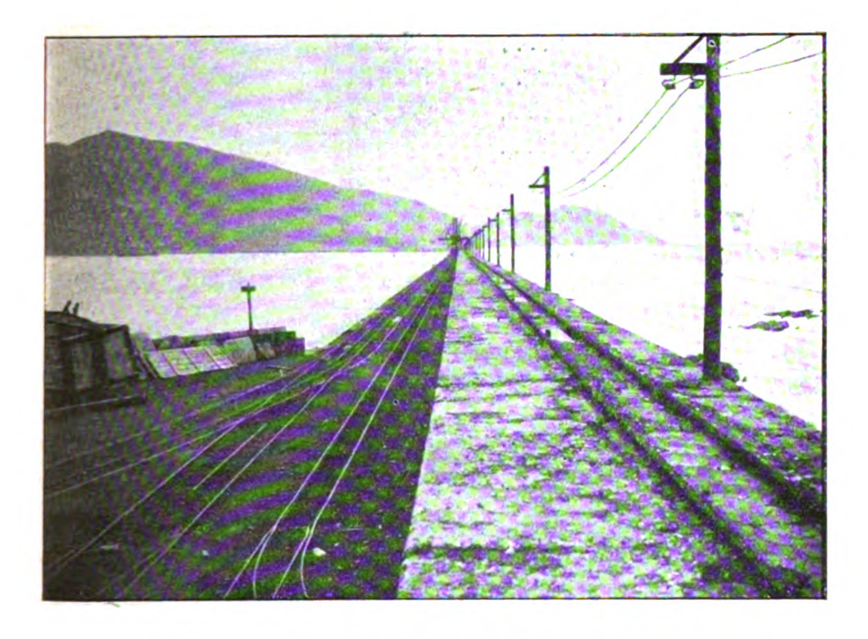


FIG. 39. — Etat d'avancement actuel du contre-môle.

pas le laisser exposé aux lames de tempête qui ne franchissent cependant pas le mur d'abri.

Le contre-môle sera complètement achevé l'année prochaine.

La quantité de béton mise en œuvre est considérable, des doutes sur la valeur de cette maçonnerie employée à la mer ont été souvent exprimés, en raison d'avaries survenues aux ouvrages par suite de la décomposition chimique des mortiers. Il y a bientôt dix ans que les premiers blocs ont été fabriqués et immergés; jusqu'ici aucune trace de décomposition n'a été vue.

Enrochements naturels et bétons employés dans les travaux au 31 décembre 1899.

Désignation des ouvrages.	Brise-lames.	Contre-môle.	Total général.
—	—	—	—
Tonnes d'enrochements de 1re classe.....	3.478 *t*	400 *t*	
id. 2e —	806.152 *t*	178.472 *t*	
id. 3e —	1.058.200 *t*	139.756 *t*	
	1.867.830 *t*	318.628 *t*	2.186.458 *t*
Mètres cubes de blocs de béton en chaux du Teil	14.300 m^3	»	
id. Portland....	238.246	33.462 m^3	
id. de parement..	35.718	14.716	
— de béton de parapet......	3.573	6.714	
— — en sacs........	4.829	27.873	
— — du fond des caissons..	16.068	»	
— — pour les joints....	15.364	»	
— — de Zumaya......	32.798	27.144	
— — d'arasement......	»	3.209	
	360.896 m^3	113.118 m^3	474.014 m^3

La valeur des travaux exécutés au 31 décembre 1899 est de 29 millions de francs environ.

Les ciments à prise lente employés proviennent des usines du Boulonnais, les conditions de réception sont rigoureuses, ce sont les mêmes que celles imposées par le cahier des charges des Ponts et Chaussées français.

Nous estimons que les blocs en béton sont préférables aux blocs en maçonnerie de moellons, par la raison qu'ils sont plus faciles à bien exécuter, que l'on peut obtenir une homogénéité plus complète, et par suite une étanchéité que nous considérons comme la principale garantie contre les décompositions chimiques. En effet, pour que cette décomposition ait lieu, il faut qu'à chaque marée l'eau puisse pénétrer et sortir du bloc.

Les bétons faits avec le ciment à prise rapide de Zumaya se comportent également bien. Ces ciments sont d'un très grand secours pour l'exécution des parties d'ouvrages exposées à la lame aussitôt construites. Ils n'ont qu'un inconvénient, c'est

d'être très irréguliers dans leur fabrication et par suite dans leur qualité, aussi est-il prudent de faire à chaque instant des essais.

Messieurs, nous avons des collaborateurs, nous sommes heureux de profiter de cette circonstance pour louer comme il convient notre collègue, M. Edmond Henry, ancien élève de l'École polytechnique, chargé des études du matériel, et M. Lasserre, ancien élève de l'École centrale, chargé de la surveillance des travaux.

Nous aurons terminé, quand nous aurons dit que les relations avec les autorités espagnoles sont des plus cordiales et bienveillantes.

Les engagements pris sont tenus scrupuleusement : pendant les plus mauvais jours de l'Espagne, en ces dernières années, elle s'est fait un point d'honneur de n'y point manquer.

Le pays est extrêmement riche, il y a encore beaucoup à faire, l'Ingénieur français y est très bien vu. Nous avons travaillé à maintenir sa bonne réputation, nous croyons y avoir réussi.

DISCOURS PRONONCÉ

AUX

OBSÈQUES DE M. E. CHABRIER

PAR

M. G. CANET

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Lorsque je fis la connaissance d'Ernest Chabrier, nous fûmes attirés l'un vers l'autre par un courant sympathique si vif qu'il se transforma, malgré notre différence d'âge, en amitié profonde; aussi c'est avec un grand serrement de cœur que je viens aujourd'hui, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, dire un suprême adieu à l'un de ses plus dévoués fondateurs.

Lorsqu'au commencement de l'année 1848, un certain nombre d'anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures décidèrent de créer une société d'Ingénieurs civils, Chabrier, qui venait de quitter l'École, répondit immédiatement à l'appel de ses anciens. Il assista donc à l'éclosion de notre Société, prit une part active à ses premiers travaux et contribua à son essor rapide, car il se rendit compte, dès le début, de la grandeur de l'œuvre à édifier et des services que notre Société était appelée à rendre au Génie civil français.

Il n'hésita pas à faire profiter tous ses Collègues des études qu'il entreprenait dans l'industrie naissante des chemins de fer, dont il fut un des premiers Ingénieurs.

Il fit de nombreuses communications à notre Société sur les perfectionnements à apporter aux signaux, sur les transports, sur les chemins de fer coloniaux, sur ceux à voie étroite et économique et en général sur tous les travaux dont il s'était fait une spécialité dès sa sortie de l'École. Il dota également notre bibliothèque des ouvrages qu'il publia sur ces mêmes questions.

Nommé membre du comité de la Société en 1872 il y siégea sans interruption jusqu'en 1879, faisant apprécier pendant ces huit années, ses qualités remarquables d'administrateur qui lui avaient valu les hautes fonctions qu'il occupa si brillamment à la Compagnie Générale Transatlantique.

Toujours il s'intéressa aux questions traitées dans nos réunions. Il contribua récemment, pour une large part, à la création, au sein de notre Société, de la Commission des Études coloniales, car, enfant des colonies, il se passionnait pour tout ce qui touchait à nos possessions d'outre-mer, à leur développement, à leur mise en valeur et à leurs relations avec les industries de la métropole; et je me rappellerai toujours avec émotion le dernier entretien que j'eus avec lui à ce sujet,

il y a trois semaines, lorsque, déjà gravement atteint par la maladie qui devait l'emporter, je venais apprendre à Chabrier que M. le général Galliéni avait accepté d'assister à notre séance où se traiterait la question des voies et moyens de transport à Madagascar. Il regrettait que son état de santé l'empêchât de venir nous exposer ses vues sur la meilleure méthode de construire, rapidement et économiquement, des voies ferrées aux colonies et il me développait ses théories avec une chaleur et une conviction entrainantes qui me remuaient profondément, car, malgré toute cette énergie, je sentais à n'en pas douter que Chabrier était mortellement frappé. C'était la dernière et vive lueur d'une intelligence que les années n'avaient point amoindrie et comme son dernier effort, au moment où la mort allait le saisir dans la plénitude de ses facultés.

Homme de cœur autant que travailleur infatigable, Chabrier aimait à se dévouer pour les autres. Il se plaisait à aider ses camarades de ses conseils, à les soutenir dans les difficultés à vaincre, à les faire bénéficier de son expérience et de son influence; rendre service était un des bonheurs de sa vie, aussi quel vide difficile à combler sa mort va-t-elle laisser parmi nous!

Puissent les sentiments unanimes de haute estime, de douloureuse sympathie et de tendre affection dont nous venons déposer le tribut sur cette tombe qui va se refermer sur le meilleur des pères et le plus sûr des amis, apporter à ses chers enfants et à sa famille désolée, un adoucissement à leur profonde douleur.

CHRONIQUE

N° 247.

SOMMAIRE. — Les locomotives anglaises à l'Exposition de 1900. — Réchauffeurs intermédiaires dans les machines à vapeur à expansion multiple. — Réglage des diagonales des ponts en treillis. — Chauffage et ventilation des hôpitaux. — Modifications probables dans le développement général de l'industrie chimique (suite et fin).

Les locomotives anglaises à l'Exposition de 1900. — Les locomotives figurant à Vincennes dans la section anglaise sont au nombre de six seulement ; sur ce nombre, cinq sont anglaises. La sixième vient des États-Unis ; cinq de ces machines sont exposées par des Compagnies de chemins de fer, la sixième est exposée par un constructeur anglais et appartient à une ligne hollandaise. Ces machines sont en général de très beaux spécimens de construction mécanique, mais aucune ne présente de dispositions sortant des formes classiques en Angleterre, à l'exception de l'une d'elles que nous signalerons particulièrement.

1° *Great Eastern Railway.* La locomotive exposée par la Compagnie de Great Eastern et portant le nom de *Claud Hamilton*, celui du président de cette Compagnie, a été construite aux ateliers de Stratford sur les plans de M. James Holden ; c'est une machine à deux essieux accouplés et bogie à l'avant, soit CM$\overline{PP}$ (1), avec cylindres et châssis intérieurs. Elle est disposée pour le chauffage au pétrole. Les cylindres ont 483 *mm* de diamètre et 711 *mm* de course. La distribution se fait par des tiroirs à pistons placés en dessous des cylindres et actionnés par une coulisse ordinaire relevée par un changement à bras et à air comprimé. Les roues motrices ont 2,135 *m* de diamètre, les roues d'arrière 1,22 *m* et les roues du bogie 1,135 *m*. L'écartement des essieux couplés est de 2,715 *m* et l'écartement total de 7,17 *m*.

La chaudière destinée à fonctionner à 180 livres, 12,8 *kg* par centimètre carré, a 1,98 m^2 de surface de grille, 10,6 m^2 de surface de chauffe directe et 151,6 m^2 de surface de chauffe totale. Le corps cylindrique a son axe à une grande hauteur au-dessus du rail, de sorte que la cheminée est fort courte.

La machine est accompagnée d'un tender à trois essieux contenant 12 600 *l* d'eau, 3 200 *l* d'huile minérale et 2 *t* de charbon.

Cette locomotive constitue un très beau type de machine à grande vitesse ; elle est d'une exécution très soignée ; avec sa peinture bleue relevée de filets rouges et de bordures dorées, elle présente un aspect très imposant. Elle pèse en service 50 700 *kg*, dont 33 700 sur les roues motrices et accouplées. Le tender pèse avec ses approvisionnements au

(1) Dans ce mode de représentation, M est un essieu moteur, C un essieu accouplé, P un essieu porteur ; le ou les essieux portant une barre au-dessus de la lettre qui les figure ont un déplacement radial, enfin la cheminée est supposée à droite.

complet 35 500 *kg*. Il porte une écope articulée commandée par un cylindre à air comprimé pour prise d'eau sans arrêt.

2° *London and North Western Railway.* — La Compagnie du London and North Western Railway expose une locomotive à grande vitesse portant le nom de *La France* et le numéro 4 000, construite aux ateliers de Crewe sur les plans et d'après le système de notre distingué collègue, M. F. W. Webb.

C'est une machine à deux essieux accouplés et bogie à l'avant, CMPP avec quatre cylindres, deux intérieurs et deux extérieurs, tous accolés et commandant un des essieux accouplés. Les deux cylindres de chaque côté agissent à 180° l'un de l'autre, l'un sur un coude de l'arbre, l'autre sur un bouton de manivelle fixé sur la roue.

L'essieu coudé est du système dit *built up*, c'est-à-dire composé de plusieurs pièces assemblées.

Les roues motrices et accouplées ont 2,135 *m* de diamètre, les cylindres à haute pression ont 381 *mm* et les cylindres à basse pression 508 *mm* de diamètre, la course étant pour tous de 610 *mm*. Le rapport de volumes n'a donc que la valeur extrêmement réduite de 1,86, tiges non déduites. Il n'y a qu'un mécanisme de distribution — lequel est du type Joy — par paire de cylindres, les deux tiroirs de chaque côté étant reliés ensemble par un balancier horizontal et, par conséquent, qu'un seul relevage ; dans ces conditions ne doit-il pas y avoir quelque difficulté à réaliser une bonne distribution aux deux cylindres aux diverses admissions ?

La chaudière a 1,91 m^2 de surface de grille, 14,8 m^2 de surface de chauffe directe et 130 m^2 de surface de chauffe totale. La machine pèse 55 000 *kg* en service, dont 34 500 *kg* sur les roues motrices et accouplées, et le tender 26 800 *kg* avec ses approvisionnements ; ce dernier est porté sur trois essieux ; il est muni d'une écope de prise d'eau. La peinture de cette machine est noire avec filets rouges.

3° *Great Northern Railway.* — La Compagnie du Great Northern Railway expose une locomotive du type *Mogul*, c'est-à-dire avec trois essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant, CMCP, construite par la maison Baldwin, de Philadelphie.

Cette machine est du type américain par sa disposition générale et certains détails de construction, tels que le châssis en barres, caractéristique des locomotives aux États-Unis, mais, pour d'autres parties, le constructeur a fait des concessions à la pratique européenne, par exemple le foyer en cuivre rouge, etc.

Les cylindres, extérieurs bien entendu, avec distribution intérieure par coulisse et *rocker*, ont 458 *mm* de diamètre et 610 *mm* de course. Les roues accouplées ont 1,562 *m* de diamètre, et les roues du bissel 0,843 *m*. L'écartement des essieux accouplés est de 4,49 *m* et l'écartement des essieux extrêmes de 6,91 *m*.

La chaudière, construite pour une pression de 12,4 *kg* par centimètre carré (175 livres par pouce carré), a 1,45 m^2 de surface de grille, 11,14 m^2 de surface de chauffe directe et 128,34 m^2 de surface de chauffe totale.

Le poids en service est de 45 600 *kg*, dont 38 000 *kg* environ de poids

adhérent, ce qui donne une charge moyenne par essieu légèrement supérieure à 12 *t*. Le tender à deux bogies contient 19000 *l* d'eau et 7000 *kg* de charbon ; il pèse vide 17000 *kg* et charge 42000 *kg*. La machine et le tender occupent une longueur totale de 15,75 *m*.

Cette machine est peinte en vert clair, sauf le châssis qui est brun foncé. Comme exécution, elle présente un contraste frappant avec ses voisines d'origine anglaise, bien moins par le travail même qui est moins soigné que par la forme des pièces que le constructeur, d'après les idées américaines, ne s'est en rien préoccupé de rendre agréable à l'œil. Un organe de machine doit être fait pour remplir l'objet auquel il est destiné, présenter les conditions requises de résistance et coûter le meilleur marché possible; l'aspect plus ou moins heureux est absolument hors de question, selon l'expression usitée en anglais. Cette indifférence, on pourrait dire ce mépris, de la forme est poussée quelquefois à un degré extraordinaire, comme on peut s'en rendre compte en examinant certaines pièces des machines américaines du chemin de fer de l'État français, mais elle est loin d'être spéciale à la construction des locomotives, à en juger par l'examen de certains modèles de pompes à vapeur américaines exhibés dans des devantures de magasins à Paris.

4° *Midland Railway*. — La Compagnie du Midland a envoyé à Vincennes une très belle locomotive construite à ses ateliers de Derby sur les plans de M. Samuel Johnson portant le numéro 2601 et le nom *Princess of Wales*. Cette machine a un essieu-porteur à l'arrière, un essieu moteur indépendant au milieu et un bogie à l'avant, soit en tout quatre essieux, PM$\overline{PP}$. Les cylindres sont intérieurs et inclinés avec des tiroirs à pistons placés en dessous et actionnés par des coulisses Stephenson, leur axe se dirigeant vers le centre de l'essieu moteur pour permettre la commande directe. Le chassis est double; le longeron extérieur porte les boites de l'essieu porteur arrière, et les deux longerons ont des boites pour l'essieu coudé.

Les cylindres ont 0,496 *m* de diamètre et 0,660 de course, les roues motrices 2,372 *m* de diamètre, les roues d'arrière 1,380 et les roues du bogie 1,165 *m*.

L'écartement entre le centre du bogie et l'essieu d'arrière est de 6,10 *m* et l'écartement des essieux extrêmes de 7,015 *m*.

La chaudière marchant à 180 livres, 12,75 *kg* par centimètre carré, contient 228 tubes de 42 *mm* de diamètre et 3,27 *m* de longueur, lesquels sont légèrement cintrés, leur extrémité du côté de l'avant étant plus haute du côté du foyer, ceci pour permettre la dilatation.

La grille a 2,28 m^2 de surface. La surface de chauffe du foyer est de 13,70 et la surface de chauffe totale de 113 m^2. L'axe du corps cylindrique est à 2,465 *m* au-dessus des rails.

La machine pèse, en service, 50400 *kg* dont 18600 *kg* sur l'essieu moteur. Elle est accompagnée d'un tender porté par deux bogies, contenant 18000 *l* d'eau et 7000 *kg* de charbon et pesant, tout chargé, 49200 *kg*, ce qui donne à très peu près 100 tonnes pour le poids du moteur complet. Cette machine peinte en brun rouge d'une teinte très chaude est superbe d'aspect et d'exécution.

5° *North Eastern Railway.* — La machine exposée par le North Eastern Railway porte le numéro 2 006 et a été construite aux ateliers de la Compagnie à Gateshead sur les plans de M. Worsdell. C'est une locomotive à trois essieux accouplés avec bogie à l'avant, soit cinq essieux en tout, CMC$\overline{PP}$, cylindres extérieurs légèrement inclinés et châssis intérieur aux roues. Les tiroirs sont également à l'intérieur ainsi que la distribution qui est à coulisse Stephenson avec les barres d'excentriques coudées pour éviter l'essieu accouplé d'avant.

Les cylindres ont 0,508 *m* de diamètre et 0,660 de course. Le diamètre des roues accouplées est de 1,860 *m* et celui des roues du bogie de 1,098. Les essieux accouplés sont distants de 4,27 et les essieux extrêmes de 8,08 *m*.

La chaudière est construite pour une pression de 200 livres, 14,2 *kg* par centimètre carré. La grille a une superficie de 2,14 m^2 ; le foyer, qui passe sur l'essieu accouplé d'arrière et contient une voûte en briques, a une surface de chauffe de 12,1 m^2. Le corps cylindrique, de 1,448 *m* de diamètre extérieur est en tôle d'acier; il contient 204 tubes en acier de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,72 *m* de longueur. La surface de chauffe totale est de 164,5 m^2. L'axe du corps cylindrique est à 2,49 *m* au-dessus des rails.

Cette machine pèse 63 300 *kg* en service, dont 45 500 *kg* sur les essieux accouplés. Elle est accompagnée d'un tender à 3 essieux, contenant 17 000 *l* d'eau et 5 000 *kg* de charbon, ce tender pèse chargé 39 000 *kg* ; il est muni d'une écope pour prise d'eau sans arrêt. Le moteur complet pèse ainsi 102 300 *kg*.

La machine du North Eastern est également une fort belle machine, elle est peinte en vert avec filets noir et or, le châssis peint en noir.

Ce type de machines est fait pour remorquer des trains de voyageurs très chargés à des vitesses maxima de 80 *km* à l'heure sur des profils présentant des rampes de 10 0/00 avec de longs parcours, 200 *km*, sans arrêt.

6° *Chemin de fer central néerlandais.* — La dernière machine de la section anglaise est exposée par MM. Neilson, Reid et Cie et construite dans leur ateliers de Hyde Park, à Glasgow pour le chemin de fer central néerlandais. Elle porte le numéro de construction 5 654 et le nom *Koningin Wilhelmina.*

C'est une locomotive à deux essieux accouplés avec bogie à l'avant, CM$\overline{PP}$, cylindres et châssis intérieurs. Les cylindres sont horizontaux avec les tiroirs en dessus avec double inclinaison en longueur et en largeur. Ils ont 0,458 *m* de diamètre et 0,660 de course. Les grandes roues ont 2,147 *m* de diamètre et les roues du bogie 1,085 *m*. Les essieux accouplés sont écartés de 2,745 *m* et les essieux extrêmes de 6,850 *m*.

La chaudière a 2,14 m^2 de surface de grille, 10 de surface de chauffe directe et 134 m^2 de surface de chauffe totale. Les tubes sont du système Serves.

Le poids en service de 45 000 *kg* dont 28 000 sur les essieux accouplés.

Le tender à trois essieux porte 14 000 *l* d'eau et 4 000 *kg* de combustible. Cette machine représente un beau spécimen de la pratique courante anglaise; elle est peinte en jaune avec le châssis brun.

Toutes ces locomotives sont très intéressantes et, sauf les réserves que nous avons faites pour celle du Great Northern, remarquables par leur exécution ; on pourrait même y trouver une exagération de polissage, de nickelage et de peinture d'autant plus superflue qu'elle n'est pas destinée à masquer un travail imparfait.

L'Exposition de Vincennes contient en outre quelques modèles parmi lesquels celui du *Dreadnought* de M. Webb et beaucoup de belles photographies de locomotives anciennes, telles que celles de Trevithick et de Bury (d'après les machines conservées), et récentes telles que diverses locomotives du London and North Western et du Caledonian.

Réchauffeurs intermédiaires dans les machines à vapeur à expansion multiple. — Notre collègue, M. le professeur Thurston, a présenté à la dernière réunion de l'*American Society of Mechanical Engineers*, à Cincinnati, une intéressante communication sur l'emploi du réchauffage intermédiaire de la vapeur dans les machines à expansion multiple. Nous en donnons ici un résumé d'après l'*Engineering News.*

La pratique du réchauffage intermédiaire de la vapeur dans son passage d'un cylindre à l'autre dans les machines à expansion multiple remonte déjà loin. John Bourne (1) dit l'avoir employée dès 1859. Plus tard, M. E. A. Cowper fit des applications en Angleterre et, aux États-Unis, le réchauffage fut employé dès 1869 par Henry R. Worthington sur les machines élévatoires de Philadelphie notamment. Il fut aussi employé par Corliss et aussi par M. Leavitt sur ses célèbres machines de la mine de Calumet et Hecla.

M. Thurston cite, au sujet du réchauffage intermédiaire, l'opinion de divers ingénieurs distingués.

M. Carl Sulzer, de Wintherthur, dans une lettre adressée à M. Hamilton Hill et publiée dans les Transactions de l'*American Society of Mechanical Engineers* en 1897, dit : « Nous avons essayé l'emploi de receivers chauffés par la vapeur, et nous n'y avons trouvé aucun avantage. »

Dans une lettre de MM. Sulzer frères à M. Thurston, on trouve la confirmation de ce fait : « Nous ne contestons pas que, dans certains cas, le réchauffage ne puisse donner une légère économie, mais cette économie est plus que compensée par l'intérêt de la dépense supplémentaire d'installation des appareils. »

M. Charles-H. Manning, qui a une longue expérience des machines

(1) On trouve en effet cette indication dans un petit volume publié par John Bourne en 1865 et intitulé *Recent improvements In the Steam Engine.* L'auteur y dit, page 85, avoir, en 1859, ajouté, dans un bateau à vapeur, dont il ne cite, d'ailleurs, ni le nom ni le port d'attache, deux cylindres à basse pression aux deux cylindres à haute pression existant, et avoir fait passer la vapeur allant des uns aux autres dans des tuyaux chauffés par la fumée, et analogues à des surchauffeurs. John Bourne ne donne aucune explication sur ce fait dont lui seul paraît avoir jamais parlé. On attribue généralement et avec raison l'introduction du réchauffage intermédiaire à Benjamin Normand qui le proposa dans un brevet en date de 1856 et l'appliqua en 1860 sur le *Furet*, puis sur un grand nombre de machines. Ce réchauffage opéré, suivant les cas, soit par de la vapeur vive, soit par la fumée, a toujours été la caractéristique des machines de B. Normand. Il ne nous semble pas que la priorité puisse être contestée à celui-ci. A. M.

à vapeur dans les filatures de coton où la question économique joue un grand rôle, écrit : « Je crois au réchauffage intermédiaire et je sais que dans notre machine verticale à triple expansion (filature d'Amoskeag, à Manchester, N. H.), il nous donne d'excellents résultats, mais nous ne saurions donner des chiffres précis à ce sujet. »

M. Richard Rice écrit : « Quant à l'efficacité d'un réchauffeur capable de surchauffer la vapeur, comme celui de la machine des Washington-Mills où on obtient de 25 à 30° de surchauffe, je ne puis donner une opinion basée sur des faits précis, mais, d'après ce que je vois, l'effet utile est certain. »

M. E.-D. Leavitt, qui a l'habitude de cette pratique, dit : « Mon expérience personnelle m'a indiqué que le réchauffage a une valeur réelle qui permet d'en recommander l'emploi. »

M. A.-K. Mansfield s'exprime ainsi : « Nous avons employé le réchauffage intermédiaire sur une grande échelle et nous recommandons son usage comme plus efficace que celui des enveloppes de vapeur que nous évitons dans les machines commerciales à cause de leur complication et de leur coût d'établissement. »

M. Edwin Reynolds dit : « En fait, les meilleurs résultats économiques obtenus par nous l'ont été sur des machines ayant des réchauffeurs intermédiaires ; mais quelle est la proportion de l'avantage, nous ne saurions le préciser. »

M. Charles C. Worthington dit : « Nous avons fait assez d'expériences sur la question pour pouvoir affirmer positivement que plus on porte loin le réchauffage intermédiaire, meilleurs sont les résultats... On doit s'attacher, dans les machines, à prévenir la présence de l'eau et les condensations anormales, et l'emploi de la surchauffe et du réchauffage intermédiaire sont d'excellents moyens pour y parvenir. Toute réduction de la pression dans les enveloppes des cylindres et des receivers se fait sentir défavorablement sur le rendement de la machine ; c'est ce que nos observations nous ont toujours fait constater, bien qu'elle n'aient pas été faites avec tout le soin que réclamerait l'importance du sujet. »

La machine d'expérience du Sibley College, qui est à quadruple expansion, est munie de réchauffeurs intermédiaires. On peut la faire fonctionner avec de la vapeur à 35 *kg* de pression et même plus. Bien que le réchauffage soit modéré, il semble qu'on gagne dans une proportion sensible à son emploi et que l'effet utile très remarquable de cette machine, qui a consommé moins de 4,53 *kg* de vapeur ou moins de 2500 calories par cheval, doive quelque chose à la présence des réchauffeurs.

La machine à triple expansion de l'Institut de Technologie du Massachussets, à laquelle on a ajouté des réchauffeurs dont on peut faire varier la surface de chauffe, a donné les résultats suivants dans les essais préliminaires. Sans réchauffage et en développant de 28 à 90 *ch* de 7,22 à 7,25 *kg* de vapeur par cheval. Avec un seul réchauffage et en donnant 85 *ch*, 7,19 *kg* par cheval. Avec deux réchauffages, c'est-à-dire un entre chacun des trois cylindres, et en développant 75 et 95 *ch*, la consommation de vapeur a été de 6,75 et 6,66 *kg*. Avec 105 et 107 *ch*, on

a dépensé 6,66 et 6,62 *kg*. Dans aucun des essais on n'a employé les enveloppes. L'économie a donc atteint 8 0/0.

La machine à triple expansion d'expériences du Sibley College donne peu ou point d'avantages par l'emploi combiné des réchauffeurs et des enveloppes de cylindres ; mais l'emploi alternatif de ces organes fait voir qu'ils se remplacent l'un l'autre dans une certaine mesure et agissent d'une façon analogue.

Il est certain que l'emploi de la surchauffe réduit la condensation initiale aux cylindres. On a constaté que, dans les grands appareils tels que ceux auxquels on adjoint généralement des surchauffeurs, un degré de surchauffe de 40 à 50° C. réduit la condensation à l'admission à une proportion insignifiante. Les expériences avec les enveloppes de vapeur indiquent que, lorsqu'on emploie la chaleur latente de la vapeur à pleine pression à la réduction de la condensation initiale, chaque kilogramme de cette vapeur économise en moyenne beaucoup plus que son propre poids. On peut dire que, dans la catégorie de machines dont il est question ici, chaque kilogramme de vapeur dépensé ainsi peut réduire la consommation de 2 à 4 et même 5 *kg* de vapeur ; 3 peut être considéré comme une bonne moyenne.

Dans une machine compound, le réchauffage intermédiaire n'intéresse que le cylindre à basse pression et ne peut guère supprimer que la moitié de la condensation initiale à ce cylindre, laquelle peut être évaluée à 20 0/0 pour une machine compound et à 15 pour une machine à triple expansion. Ce serait donc une économie de 10 0/0 dans le premier cas et de 9 dans le second, qu'amènerait l'usage du réchauffage.

On emploie les réchauffeurs en même temps comme séparateurs de vapeur condensée et comme réchauffeurs proprement dits, en se servant soit de vapeur vive provenant de la chaudière, soit de la chaleur des gaz de la combustion. La vapeur est séchée et réchauffée à la fois. Un réchauffeur intermédiaire est en réalité un surchauffeur pour le cylindre qui le suit. On doit, en général, s'attacher à donner, si possible, une surchauffe d'au moins 25° C.

Il est utile de bien distinguer les deux actions du réchauffeur, la séparation de l'eau condensée, c'est-à-dire le séchage de la vapeur et son surchauffage ; la seconde action ne peut s'opérer qu'après que la première a été accomplie et, si les dispositions de l'appareil ne sont pas telles que la séparation de l'eau puisse s'opérer efficacement, il ne faut pas s'étonner que le résultat ne soit pas avantageux.

L'enveloppe de vapeur, la surchauffe et le réchauffeur intermédiaire ont tous les trois le même mode d'action ; ils commencent par sécher la vapeur pour lui donner ensuite un certain degré de surchauffe, ce qui a pour effet de réduire très sensiblement la condensation initiale. Mais qu'on emploie ces trois procédés séparément ou même ensemble, il ne faut pas perdre de vue que la première chose à faire est de tâcher d'obtenir à la chaudière la vapeur la plus sèche possible de manière à n'avoir pas à vaporiser, dans la machine, de l'eau entraînée avec la vapeur.

Réglage des diagonales des ponts en treillis. — L'expérience a fait connaître les graves inconvénients que présentent les diagonales en fers plats dans les poutres des ponts métalliques.

Ce type de barre de treillis, autrefois si en vogue, et qui a reçu des applications très importantes dans les grands ponts des chemins de fer néerlandais, commence à tomber en discrédit et à faire place au système beaucoup plus rationnel des barres en fers profilés.

Les diagonales plates sont d'un montage très difficile. Il en est ainsi surtout pour les contre-diagonales qui croisent les diagonales ordinaires dans les panneaux centraux. Si, comme cela a lieu d'habitude, on monte complètement les poutres sur échafaudages, il arrive nécessairement, lorsque le poids mort commence à agir, que les contre-diagonales, sollicitées à la compression, se dérobent par un fléchissement latéral.

Au passage des charges mobiles, les contre-diagonales ne peuvent donc entrer en fonctionnement que lorsqu'une certaine déformation de la poutre a éloigné à nouveau leurs nœuds d'attache à la distance qui les séparait au montage.

Les hypothèses du calcul ne sont donc pas réalisées. Ce défaut est d'autant plus important que les contre-diagonales, n'étant jamais bien tendues, sont sollicitées à un ballottement continuel, qui augmente leur fatigue et use les pièces à leurs points de croisement.

Au pont sur la Meuse à Ravenstein, qui comporte des travées à treillis double de 63 *m* de portée et des travées à treillis simple de 43 *m*, ces défectuosités étaient très apparentes. On tenait, d'autre part, à remédier aux inconvénients que présentent, par suite du développement de la rouille et de la difficulté d'entretien, les croisements des diagonales et contre-diagonales entre elles et avec les montants verticaux aux points où les pièces entrent en contact sans être assemblées.

Les travaux de réfection ont consisté principalement à :

1° Réunir toutes les pièces à leurs points de croisement par des assemblages à boulons;

2° A raccourcir et à tendre à nouveau les contre-diagonales.

Ce dernier travail a été exécuté comme suit :

En un point intermédiaire de la contre-diagonale à raccourcir, celle-ci a été coupée en deux tronçons après qu'on eut placé, à cheval sur cette section, un appareil tendeur. Celui-ci a été mis ensuite en action, de façon à développer dans la diagonale la tension voulue. Puis on a assemblé les deux tronçons à l'aide de couvre-joints assemblés par rivets.

Ce système de réglage n'a pas été suffisant pour toutes les diagonales par suite des défauts de direction que présentaient les assemblages des barres de treillis avec les lisses. Il a fallu réfectionner plusieurs assemblages et même remplacer certaines diagonales.

La mise en tension d'une contre-diagonale développe nécessairement dans les pièces voisines des tensions nouvelles. Pendant les opérations on a mesuré ces tensions à l'aide d'appareils indicateurs du système Manet. Il a été reconnu que la mise en tension d'une contre-diagonale agissait surtout sur la diagonale correspondante, c'est-à-dire celle qui

la croise au milieu. Une tension de 2,5 à 4,8 *kg* par millimètre carré dans la contre-diagonale donnait dans la diagonale correspondante un effort de 1,1 à 1,8 *kg* par millimètre carré.

Nulle part l'effet du réglage ne s'est montré dangereux pour la stabilité. Ce qui précède est le résumé donné dans les *Annales des Travaux publics de Belgique* d'un article du journal hollandais *De Ingenieur*, du 31 mars 1900.

Chauffage et ventilation des hôpitaux. — L'*Engineering Record* cite comme un exemple frappant de l'énorme différence qui existe dans la pratique du chauffage et de la ventilation, suivant les pays, les considérations développées dans un mémoire sur ce sujet lu récemment par M. T. Wilson Aldwinckle devant l'*Architectural Association*, à Londres. Ce travail traite, entre autres choses, de la ventilation des hôpitaux, et un résumé rapide des idées de l'auteur sur la question ne sera pas sans intérêt, car on y trouvera l'indication de l'état actuel du sujet en Angleterre, où, d'ailleurs, il ne faut pas le perdre de vue, le climat est tempéré et moins sujet à de brusques variations de température que dans d'autres pays tels que les États-Unis.

L'auteur pense que la meilleure manière de ventiler et de chauffer un hôpital peut se résumer comme suit : Les entrées d'air doivent être formées d'une série de grilles en fer galvanisé placées dans des ouvertures pratiquées dans les murs extérieurs, à 75 *mm* au-dessus du plancher, une sous chaque fenêtre.

Ces ouvertures amènent l'air sur des radiateurs en cuivre chauffés avant qu'il pénètre dans les salles. En outre des grilles semblables sont placées sous chaque lit pour amener lentement un courant d'air froid. Toutes ces ouvertures sont munies de vannes de réglage et doivent être disposées de manière à pouvoir être nettoyées complètement à des intervalles réguliers.

Les ouvertures elles-mêmes doivent avoir leurs parois formées de briques vernissées, ou vitrifiées ou revêtues d'un enduit de ciment pour avoir des surfaces parfaitement lisses.

De plus des poêles de ventilation doivent être placés au centre des salles. L'air leur est amené de l'extérieur par des conduits en briques émaillées disposés dans le plancher; après s'être échauffé il est envoyé dans les salles par des orifices multiples. L'émission de l'air chaud est réglé par des registres.

Les fenêtres doivent être disposées de manière que le cintre soit à 75 *mm* environ au-dessous du plafond, ce qui est le minimum admissible et la partie supérieure doit être formée d'un châssis à bascule avec des joues vitrées sur les côtés pour prévenir les courants d'air latéraux. L'ouverture de ces châssis doit pouvoir être réglée par un mécanisme de manœuvre.

Dans les conditions ordinaires, si on ouvre ces impostes sur les deux faces opposées d'une salle, les unes serviront à l'admission de l'air, les autres à l'émission et il s'opérera un courant naturel de ventilation. Une ventilation additionnelle par aspiration au moyen d'un foyer ouvert est toujours un moyen puissant de renouvellement de l'air et agit uti-

lement pour enlever l'air voisin du plancher, qui est généralement vicié.

En outre, l'auteur recommande l'emploi de cheminées verticales placées contre les parois des salles s'élevant au-dessus de la toiture et terminées par des ventilateurs. Ces cheminées auront au moins 0,35 *m* de côté à l'intérieur, les parois seront en briques vernissées ou revêtues d'une couche bien lisse de ciment; le courant ascendant sera assuré au moyen d'un jet d'air à la base ou au moyen d'un serpentin chauffé par la vapeur.

A ces cheminées doivent aboutir deux ouvertures communiquant avec la salle, l'une à 75 *mm* au dessus du sol, l'autre à la même distance au dessous du plafond; ces ouvertures auront environ 0,45×0,35 *m*. Elles seront munies de registres ou papillons reliés ensemble par une tringle de façon que les deux ouvertures ne puissent pas être ouvertes ou fermées ensemble.

Le but de cette disposition est de permettre de régler l'évacuation de l'air de manière à l'opérer soit à la partie inférieure, soit à la partie supérieure des salles.

L'auteur, en terminant cette partie de son mémoire, mentionne le système de chauffage établi à l'hôpital d'Eppendorp, à Hambourg, où des tuyaux où circule de la vapeur sont disposés dans des conduits pratiqués sous le plancher pour chauffer celui-ci qui est en carreaux céramiques et qui chauffe la salle, sans qu'aucune particule de l'air chaud y pénètre. On a ainsi une température très uniforme jusqu'à une certaine hauteur au dessus du plancher. Cette méthode est très ingénieuse et très efficace, mais elle est assez coûteuse.

Modifications probables dans le développement général de l'industrie chimique (*suite et fin* (1). — L'auteur se propose de passer rapidement en revue les industries les plus importantes parmi celles qui fabriquent les produits chimiques.

Pour l'acide sulfurique, on se trouve en présence d'une véritable révolution à côté de laquelle les inventions de Gay-Lussac et de Glover paraissent presque insignifiantes. Il s'agit de la suppression complète des chambres de plomb et de leur remplacement par les méthodes basées sur l'action catalytique du platine et d'autres substances parmi lesquelles le peroxyde de fer et matières analogues.

Cette action catalytique a été signalée pour la première fois par Philips vers 1831 et a été étudiée successivement par Dobereiner, Magnus, Wohler, Plattner, Clemens, Winkler et Messel, lesquels ont cherché à l'appliquer à la production de l'acide sulfurique anhydre ou tout au moins à celle de l'acide fumant connu sous le nom d'acide de Nordhausen.

Il y a quelques années, on annonça que la fabrique badoise d'aniline et de soude avait perfectionné ce procédé et l'avait rendu assez économique pour pouvoir fabriquer l'acide sulfurique à meilleur compte que

(1) Conférence faite devant la Société de l'Industrie chimique à Liverpool, par M. G. Lunge, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, traduit de l'*Industria*.

par le vieux procédé. En fait, cette société a successivement supprimé ses chambres de plomb et fabrique actuellement l'acide par le nouveau procédé.

On connait actuellement les points essentiels de cette méthode. La caractéristique est que le calorique développé dans la réaction est de suite absorbé d'une manière ou d'une autre afin que la combinaison de l'oxygène avec l'acide sulfureux s'effectue, même avec l'emploi du gaz dilué tel que celui qu'on obtient des fours de grillage ordinaires.

Pour faire voir les progrès réalisés dans ce nouveau genre de fabrication, il suffira à l'auteur de rappeler ce qu'il écrivait à la fin de 1897 dans le *Mineral Industry of United States and other Countries :* « Il est probable qu'un rendement de 67 0/0 pourrait être considéré comme satisfaisant et que les 33 0/0 d'acide sulfureux non utilisés pourraient être renvoyés aux chambres de plomb où ils se joindraient à une autre partie des gaz provenant des fours. » Or ce n'est plus 67 0/0 qu'on utilise, c'est 98 0/0.

Dans le procédé de la fabrique badoise, la question de la température est résolue en utilisant la chaleur développée dans la réaction au réchauffement du mélange gazeux qui doit passer sur les masses catalytiques. A cet effet, le fonctionnement des appareils est automatique.

Les recherches de la fabrique badoise ont permis de reconnaître la véritable raison qui fait que les substances agissant par contact (amiante et platine) perdent assez rapidement leurs propriétés catalytiques. Cela parait dû aux impuretés contenues dans les gaz provenant des fours de grillage et dont l'action nuisible n'est pas encore déterminée d'une manière suffisamment précise. On prolonge la durée d'activité en faisant subir aux gaz un lavage préventif dans des conditions qui ne sont pas connues.

Il semblerait d'après cela que les fabriques d'acide sulfurique par l'ancien procédé des chambres de plomb vont se trouver prochainement dans des conditions assez désavantageuses. En réalité ce n'est pas tout à fait le cas. En ce qui concerne l'acide à faible concentration, celui qu'on appelle ordinairement acide des chambres, l'ancien procédé peut encore lutter contre le nouveau. On lit en effet ce qui suit dans le brevet de la fabrique badoise : « Les acides au dessous de 50°B, c'est-à-dire contenant environ 63 0/0 de H^2SO_4, peuvent être préparés avec notre procédé au moins aussi économiquement qu'avec l'ancienne méthode. Tous les acides plus concentrés peuvent être préparés à un prix inférieur et l'économie par rapport à l'ancien procédé est d'autant plus grande que l'acide est plus concentré. »

Si on se préoccupe d'obtenir de l'acide d'une grande pureté, on peut dire que le procédé de la fabrique badoise est également avantageux pour la préparation d'acides faibles. En fait, les produits obtenus avec la méthode catalytique sont d'une pureté exceptionnelle; on peut noter particulièrement l'absence totale d'arsenic. Il faut également tenir compte des dépenses de premier établissement qui sont, avec le procédé catalytique, notablement inférieures à celle des chambres à plomb.

A Ludwigshafen notamment, la dépense d'une installation du nou-

veau système n'a été que les 2/3 d'une installation de même importance avec chambres de plomb.

Puisque les acides à faible concentration peuvent encore être fabriqués avec l'ancien procédé de manière à pouvoir lutter avec le nouveau, on ne peut pas considérer encore comme perdus les énormes capitaux engagés dans les fabriques d'acide pour la production de superphosphates, de sulfate de soude, etc. Mais il n'en est pas moins vrai que les fabriques qui travaillent avec l'ancien procédé doivent être très attentives et ne négliger aucun moyen de perfectionner leurs méthodes de travail.

Parmi ces moyens, il en est un que l'auteur doit se contenter de signaler au moins pour marquer la voie dans laquelle doivent être conduites les recherches. Il veut parler des avantages de l'emploi de l'oxygène sous une forme plus concentrée que celle de l'air atmosphérique. L'idée de Messel de se servir d'oxygène électrolytique et celle de l'auteur d'employer l'oxygène comprimé de Brin ne sont guères applicables en présence du bas prix actuel de l'acide sulfurique. Mais on dispose aujourd'hui de l'air liquide, et le prix de mélanges riches en oxygène ne doit plus être assez élevé pour en proscrire l'emploi dans la fabrication de l'acide sulfurique.

L'air de Linde, comme on l'appelle en Allemagne, est déjà un article commercial. On l'emploie actuellement pour la préparation d'un explosif et on propose de s'en servir pour l'injecter dans les gazogènes. Aux États-Unis, même en tenant compte d'une certaine dose d'exagération dans les nouvelles qui viennent de ce pays, on a réellement obtenu des résultats remarquables avec ce nouveau produit. Mais il ne faut pas perdre de vue que ces avantages se manifestent de préférence dans les contrées qui disposent de force motrice à bon marché, condition essentielle pour la production de l'air liquide.

Pour revenir à la question de l'acide sulfurique, on ne peut nier que le nouveau procédé par contact possède des avantages réels sur la méthode des chambres de plomb, toutes les fois qu'il s'agit d'obtenir un acide de concentration supérieure à celle de l'acide des fours de Glover ou un produit d'une certaine pureté. On en trouve la confirmation dans ce fait que les fabriques allemandes de matières colorantes qui employaient surtout l'acide fumant, ont adopté le nouveau procédé ou sont en train de l'adopter.

Toutefois l'avenir des fabriques qui emploient l'ancien procédé et celui des fabricants d'appareils de concentration en platine ne semblent pas aussi compromis qu'on pourrait le supposer. Si on tient compte du capital que représente l'installation des nouvelles méthodes et surtout le prix des licences pour l'usage des brevets par lesquels il faut nécessairement passer, on doit conclure que les industries anciennes dans lesquelles les dépenses d'établissement ont pu être amorties pendant les années de prospérité et surtout celles dans lesquelles les frais généraux sont minimes ont encore devant elles une assez longue existence. Les premières usines qui devront se transformer sont celles qui fabriquent des acides exigeant une concentration coûteuse. C'est le cas qui se présente pour la fabrication des substances explosives.

Une autre des grandes industries chimiques est celle de la fabrication du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique. Le procédé Hargreaves est arrivé trop tard pour recueillir tous les fruits que méritaient les recherches si remarquables de l'inventeur. Ce procédé, s'il avait paru dix ou vingt ans plus tôt, se serait développé cent fois plus qu'il ne l'a fait. Mais, lorsqu'il est devenu réellement industriel, la question de la fabrication du sulfate de soude était déjà révolutionnée par le développement de la fabrication de la soude par l'ammoniaque, et naturellement peu de fabricants se montraient disposés à créer des installations nouvelles; ils préféraient utiliser leur anciens appareils en leur apportant tous les perfectionnements qui pouvaient sauver de la ruine les industries de la fabrication de l'acide sulfurique et du sulfate de soude par les anciennes méthodes.

Celle-ci semble menacée plus gravement de la part du procédé Solvay d'une part et de l'autre des procédés électrolytiques. Sur le continent, la lutte est déjà terminée depuis quelque temps. La quantité de sulfate de soude transformée en carbonate et en soude caustique ne représente plus qu'une faible proportion de la quantité totale des alcalis fabriqués en France et en Allemagne. La plus grande partie du sulfate de soude obtenu va aux verreries et peut être vendu à bon marché parce que l'emploi de l'acide chlorhydrique est très répandu dans ces deux pays. Peut-être trouvera-t-on avantage à transformer en acide chlorhydrique le chlore électrolytique que l'Allemagne produit déjà en quantité suffisante pour sa consommation et que la France se prépare à produire en quantité plus grande encore. Ces conditions nouvelles qui se développent aux États-Unis, en Suède, en Espagne et dans tous les pays qui peuvent prétendre à résoudre économiquement le problème de l'électrolyse, ont rendu bien difficile l'existence du procédé Leblanc qui vit à côté du procédé Solvay uniquement grâce au chlore qu'il produit.

A quelle époque le procédé Leblanc devra-t-il disparaitre ? Il est assez difficile de le préciser. Il est certain que son existence ne se prolongera que par le fait des capitaux considérables engagés dans son exploitation.

L'auteur rappelle à ce sujet une conversation qu'il eut un jour avec Weldon sur la production du chlore : « Mon procédé, disait le célèbre chimiste anglais, et celui de Leblanc ont vécu. Tous les capitaux engagés, tous les efforts d'intelligence consacrés au perfectionnement de ces deux industries ne peuvent rien contre la marée montante qui doit les engloutir. Pour la fabrication de la soude, l'avenir est au procédé Solvay, pour celle du chlore au procédé Weldon-Pechiney, appliqué au chlorure de magnésium de Stassfurt. »

L'événement a prouvé que Weldon avait raison pour le premier cas et tort pour le second. Il est certain que les procédés électrolytiques de fabrication du chlore menacent concurremment la méthode Weldon et aussi celle de Deacon.

Il serait prématuré de poser des conclusions trop nettes; mais autant qu'on peut en juger par les progrès généraux des recherches entreprises

de tous les côtés, on peut prévoir que les prochaines générations tireront le chlore de l'électrolyse.

La soude produite avec le chlore ne représentera que le dixième de la consommation du monde entier et le reste proviendra d'autres sources. Parmi celles-ci, la soude à l'ammoniaque tient aujourd'hui le premier rang et il n'y a pas de raison pour qu'elle ne le garde un certain temps. Mais elle devra compter avec les gisements de soude naturelle qu'on commence à utiliser en Égypte et dans l'Ouest des États-Unis. Peut-être pourra-t-on trouver un mode plus avantageux de traitement des nitrates naturels qui permettra d'obtenir à bon prix l'acide nitrique et l'alcali.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1900.

Rapport de M. A. Livache sur un travail de M. G. Halphen, intitulé : Recherches sur l'analyse des corps gras.

Recherche des huiles végétales et animales dans les graisses composées, par M. G. Halphen.

Rapport de M. Brüll sur la chaudière mixte système Solignac.

Rapport de M. Brüll sur l'ouvrage de M. A.-H. Courtois, intitulé : Essai sur les pompes centrifuges. Recherches expérimentales.

Rapport de M.E. Sauvage sur une serrure de sûreté pour voitures de chemins de fer, présenté par M. Joly.

Considérations sur les divers modes de traitement des ordures ménagères par M. A. Livache.

La plaine de Caen, par M. Guénaux *(suite)*.

Les marines de guerre modernes, par M. L. de Chasseloup-Laubat.

Notes de mécanique. — Rupture des arbres en acier, d'après M. R. Schanger. — Machines Musgrave à bielles triangulaires. — Emboutisseuse Worth. — Affuteuse Thorne-Sellers. — Appareil de M. Vassioutinsky pour enregistrer les déformations temporaires des superstructures des voies ferrées.

ANNALES DES MINES

3e livraison de 1900.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux statistiques de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1898 et en 1899 (1).

Note sur une lampe Mueseler ayant produit une flambée de grisou, par M. G. Chesneau.

L'attelage automatique des véhicules sur les chemins de fer américains, par M. A. Bachellery.

4e livraison de 1900.

Analyse mécanique des sols sous-marins, par M. Thoulet.

Exposition Universelle de 1900. — Notice sur l'exposition du service des mines. — Direction des routes, de la navigation et des mines. — Division des mines.

Note sur le sauvetage de cinq ouvriers enfermés dans une grotte naturelle à Jourre (Jura), par M. Netien.

(1) Voir *Informations techniques* du présent numéro, IIIe section, n° 10.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1900.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 7 avril 1900.

Communication de M. Favre ingénieur divisionnaire aux houillères de Saint-Étienne, sur les Lavabos du Trenil.

Communication de M. Baudot sur le vestiaire-lavabos et la lampisterie de la division de la Varenne de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy.

Etude rétrospective sur l'ile et les charbonnages de Kébao (Tonkin), par M. P. Fouletier, ancien ingénieur aux mines de Kébao.

Procédé Talbot de traitement de l'acier au four Siemens-Martin continu (1).

Les câbles conducteurs d'électricité dans les mines.

Mai 1900.

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 5 mai 1900.

L'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou, par M. Petit.

Recherche du bore par stérélectrolyse dans les minerais ; sa présence probable dans la houille du bassin de Saint-Étienne, par M. Mayençon.

Extraction houillère du bassin de Dombrowa, par M. L. Journolleau (2).

Emploi de la tourbe sur les chemins de fer russes, par M. L. Journolleau (3).

Compte rendu de la course géologique des élèves de l'École des Mines en 1899, par M. Garaud.

Appareil à analyser les mélanges grisouteux.

Classification de minerai centrifuge.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 20. — *19 mai 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Les appareils de levage, par von Kammerer.

Le calcul des ferrures des charpentes métalliques, par L. Gensen.

La construction des ponts en Allemagne au XIX[e] siècle, par G. Mehrtens (*suite*).

Nouveautés dans les machines de l'industrie textile, par G. Rohn (*suite*).

(1) Voir *Chronique de juin 1900* (1[re] quinzaine) page 311.
(2) Voir *Chronique de juin 1900* (2[e] quinzaine) page 359.
(3) Voir *Informations techniques* d'avril 1900 (1[re] quinzaine) page 226.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Notice nécrologique sur Alfred Brandt(1).

Revue. — Moteurs moyeux de roues pour automobiles. — Appareils de graissage.

N° 21. — *26 mai 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — La construction des turbines, par G. Reichel.

Tour parallèle de 150 *mm* de hauteur de pointes, par C. Scholz.

Ligne à transit rapide à New-York, par M. J. Müller von der Werra.

Fonctionnement des chaudières à vapeur au point de vue chimique, par M. Bunte.

Extraction par câbles passant sur une poulie simple sans enroulement multiple, par A. Ehrlich.

Revue. — Transformateurs tournants. — Académie industrielle à Chemnitz.

N° 22. — *2 juin 1900.*

Machine verticale à triple expansion à grande vitesse de 1 500 *ch*, par L. Kliment.

La construction des ponts en Allemagne au XIXe siècle, par G. Mehrtens *(suite)*.

Ligne à transit rapide à New-York, par F. Müller von der Werra *(fin)*.

Le calcul des formes des charpentes métalliques par L. Gensen *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Trains rapides sur le chemin de fer de Pensylvanie. — Chaudières marines à eau dans les tubes.

N° 23. — *9 juin 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — La navigation et l'éclairage des côtes, par A. Rudolph.

Appareils mécaniques pour la manutention et le magasinage des charbons et minerais de fer, par M. Buhle *(suite)*.

Le premier navire allemand pour la pose des câbles sous-marins le *Von Podbielski*, par J. Schütte.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Étude sur les systèmes automatiques de chauffage mécanique et particulièrement sur le système Mauckner.

Groupe de Mannheim. — Questions de chauffage et de ventilation.

Bibliographie. — Exposition Universelle de 1900 à Paris. Catalogue spécial de l'exposition allemande. — Histoire de la physique expérimentale, par G. Gerland et F. Traumuller.

Revue. — Impression photographique par la lumière des lampes à arc. — Tunnel pour piétons à Boston. — Recuit des plaques de blindage.

N° 24. — *16 juin 1900.*

Le canal de l'Elbe à la Trave.

Bibliographie. — Les machines-outils, par H. Fischer.

Revue. — Congrès de la propriété industrielle tenu le 16 mai à Francfort-sur-le-Mein. — Appareil de chargement pour four à sole.

(1) Un des entrepreneurs du tunnel du Simplon. Voir *Chronique de novembre 1899*, page 703.

INFORMATIONS TECHNIQUES[1]

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation, etc.

1. — **Pont sur le Pô à Crémone.** — Ce pont présente la particularité d'être constitué par deux ponts situés l'un à côté de l'autre sur les mêmes supports, donnant passage l'un à la route interprovinciale de Crémone à Plaisance et à un tramway, et l'autre au chemin de fer de Crémone à Borgo San Donnino.

La longueur de l'ouvrage est de 956 *m* et est divisée en douze travées, dont une sur la rive droite de 65 *m*, et les onze autres de 81 *m*. A l'origine, la dernière travée sur la rive gauche devait avoir également 65 *m*, mais on a dû augmenter sa longueur de 16 *m*.

Les piles et culées sont construites en maçonnerie et ont dû être fondées à l'air comprimé ; elles ont 18 *m* de largeur sur 4,35 *m* dans le sens de l'épaisseur. Le pont-route est constitué par deux poutres à double paroi et à treillis de 7 *m* de hauteur, écartées de 7,20 *m* ; la voie charretière est à la partie inférieure, et il y a un contreventement à la partie supérieure. Le pont du chemin de fer a des poutres analogues de la même hauteur, mais écartées seulement de 4,50 *m*; il n'y a qu'une voie.

Pour éviter des effets exagérés de dilatation, les deux ponts sont formés de cinq poutres continues.

La partie métallique du pont-route pèse 5 723 *t* et celle du pont du chemin de fer 4011 *t*, soit un total de 9 734 *t*.

L'exécution a été confiée à la Société des Ateliers de Savigliano. Les travaux ont duré quatre ans et ont été achevés le 31 mai 1892. La dépense peut s'établir comme suit :

Fondations		1 562 000 *f*
Partie métallique	pont-route	2 011 000
	pont du chemin de fer	1 638 000
Approches de la route interprovinciale		120 000
TOTAL		5 331 000 *f*

Avec les indemnités pour travaux supplémentaires, le chiffre définitif s'élève à 5 621 000 *f*, ce qui donne 5 870 *f* par mètre courant.

Voici le prix de quelques grands ponts italiens :

Plaisance. . .	1864	577,80 *m*	2 912 000 *f*	soit par mètre	5 200 *f*
Pontelagoscuro	1871	428,52	1 540 000	—	3 600
Borgoforte . .	1873	432,00	1 504 000	—	3 500
Casalmaggiore.	1887	1 085,00	3 474 000	—	3 200

[1] Cette partie a été faite avec la collaboration de M. G. BAIGNÈRES, membre du Comité.

Mais la comparaison n'est pas possible vu les conditions spéciales d'établissement du pont de Crémone (*Giornale del Genio Civile*, mars 1900).

2. — **Chemins de fer coloniaux en Afrique.** — Il n'est question ici que des chemins de fer établis sur des territoires appartenant à des puissances européennes ; on ne parlera donc pas des chemins de fer de l'Égypte et des républiques sud-africaines.

Voici les longueurs en exploitation et les longueurs projetées à la fin de 1898 :

		En exploitation.	Projetés.
1	Algérie et Tunisie	3 800 *km*	1 110 *km*
2	Sénégal et Soudan	444	360
3	Guinée française	»	550
4	Guinée anglaise	56	262
5	Côte d'Ivoire	»	335
6	Côte d'Or	68	132
7	Dahomey	»	800
8	Lagos (Côte des Esclaves)	69	230
9	État du Congo	400	2 000
10	Congo portugais	350	»
11	Afrique occidentale allemande	116	584
12	Colonie du Cap	7 000	»
13	Uganda	464	1 040
14	Madagascar	»	400
	TOTAUX	12 767	7 803

Comme il a été indiqué au début de cette note, on n'a pas mis ici les chemins de fer des états africains proprement dits, mais seulement ceux des pays pouvant être considérés comme des colonies européennes (*Oesterreichische Eisenbahn Zeitung*, 20 juin 1900, d'après le *Railway News*).

3. — **Le canal de la Marne à la Saône.** — L'idée d'un canal reliant la Marne à la Saône à travers le plateau de Langres remonte loin, car un avant-projet sommaire de ce canal avait été fait dès 1788. Ce canal est destiné à combler une lacune importante dans le réseau des voies navigables de la France en assurant d'une manière absolument directe les relations entre la région du nord et les vallées de la Saône et du Rhône. La question avait été reprise de 1839 à 1845, mais ce n'est qu'après 1870 que les études définitives furent faites.

L'établissement du canal a été déclaré d'utilité publique par une loi du 3 avril 1879, et les travaux ont été commencés immédiatement. Poussés d'abord avec une grande activité, ils ont été ralentis depuis dans une très large mesure par suite de difficultés budgétaires.

Voici sommairement quel est le tracé de cet ouvrage. Le canal de la Marne à la Saône se soude à Rouvroy sur le canal de la Haute-Marne qu'il prolonge en remontant la vallée de la Marne et en franchissant cinq fois cette rivière par des ponts-canaux. Il passe au pied des villes de Chaumont et de Langres et traverse le plateau de Langres par un tunnel de 4 830 *m* pour arriver au village de Héuilley-Cotton, termi-

nus de la partie actuellement construite. De là, il devra descendre la vallée de la Vigeanne en présentant sur 3 *km* une chute de 41 *m* franchie par huit écluses très rapprochées. Il suivra cette vallée jusqu'à la Saône qu'il atteint par une seconde partie construite de Pouilly à la Saône. La longueur totale sera de 151,25 *km*.

Actuellement 119,24 *km* sont construits, dont 89,03 *km* sur la première section et 30,20 *km* sur la seconde. 9 *km* sont en construction et 23 *km* restent en lacune. On a dépensé jusqu'ici 62 400 000 *f* et il reste à dépenser 22 600 000 *f*. Le mouillage est de 2,10 *m* à 2,20 *m*, les écluses ont 38,50 *m* de longueur sur 5,20 *m* de largeur et 2,50 *m* de mouillage (*Annales des Ponts et Chaussées*, 4e trimestre de 1899. Mémoire de M. Gustave Cadart, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées).

4. — **Canal de Panama.** — Notre collègue, M. A. Dumas, a publié, dans le *Génie Civil* (1), une étude très développée sur le canal de Panama, étude dans laquelle il s'est proposé d'exposer la situation actuelle de cette grande entreprise, de montrer dans quelles conditions le projet étudié par la Compagnie nouvelle permettrait de la mener à bon terme et enfin de rechercher s'il ne serait pas possible, au moyen de certaines modifications faites à ce projet, d'adopter une solution moins onéreuse.

L'auteur fait remarquer avec raison, à ce sujet, qu'il y a d'autant plus de raisons de se préoccuper de réaliser des économies sur le coût du canal, qu'on ne doit pas perdre complètement de vue les intérêts des porteurs de titres de l'ancienne Compagnie, porteurs dont l'argent a servi à faire les premiers travaux.

Le travail de M. Dumas débute par un historique de l'affaire, historique que nous nous contenterons de mentionner, puis il passe à l'exposé du projet de la Compagnie et des évaluations des revenus probables du canal dont il fait une étude critique très serrée, notamment à propos de la forme de la taxation à adopter. M. Dumas se préoccupant avec raison des moyens d'accroître les revenus du canal, et considérant que la redevance à demander doit être proportionnelle à l'économie que le passage dudit canal fait réaliser à un navire, a proposé, dès 1891, une tarification composée de deux parties, l'une d'un droit fixe de 3 *f* par tonneau de jauge nette applicable indistinctement à tous les navires, et l'autre d'un droit de 0,0025 *f* par tonneau transporté à un mille de distance que le canal permettra d'économiser.

L'auteur propose ensuite des modifications techniques au projet de la Compagnie, dans le but de réduire, dans une large mesure, les dépenses d'établissement sans diminuer les facilités apportées à la navigation.

Ces modifications consisteraient : 1° dans la suppression du barrage du Haut-Chagres et de la rigole d'alimentation du canal ; 2° dans le relèvement du plafond du bief de partage, et 3° dans la réduction des dimensions des écluses.

M. Dumas estime que les premiers ouvrages ne sont nullement indispensables et que l'emploi d'engins mécaniques pour l'alimentation du canal, rejeté par le Comité technique, est un moyen absolument éprouvé

(1) Numéros des 7, 14, 21 et 28 avril 1900.

à l'heure actuelle. Cette modification conduirait déjà à une économie de près de 40 millions.

Le relèvement du plafond du bief de partage à la cote 29 au lieu de 26,75, par l'emploi à toutes les écluses d'une chute de **11** *m*, peut être réalisé sans difficultés, au prix d'un accroissement insignifiant de la durée du passage et permettrait d'économiser au moins 50 millions.

Enfin, les écluses n'ont pas besoin des énormes dimensions prévues. Les navires dépassant 160 *m* de longueur et 7,50 *m* de tirant d'eau sont en infime minorité. On pourrait, dans l'emploi de dimensions plus modérées mais largement suffisantes, trouver une nouvelle économie de 18 millions. Le total des trois chiffres partiels indiqués atteint 103 millions sur le devis de 525 établi par le Comité technique. Si on considère, d'autre part, que ces modifications permettraient de réduire de 10 à 8 ans la durée des travaux, il en résulte que la réduction des intérêts intercalaires à servir au nouveau capital ne serait plus que de 24 0/0 au lieu de 30, en admettant toujours le taux de 6 0/0 l'an. On arriverait ainsi à une économie finale de 300 millions de francs.

Nous sommes heureux d'avoir l'occasion de signaler le travail consciencieux de M. Dumas à ceux de nos collègues que la grande question du canal de Panama intéresserait à un titre quelconque.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications, Locomotion, Machines à vapeur, etc...

5. — **Machines compound des anciens établissements Cail à l'Exposition de 1900.** — Les anciens établissements Cail, aujourd'hui Société Française de Constructions Mécaniques, exposent au Champ-de-Mars une machine compound verticale de très grandes dimensions, actionnant une dynamo donnant un courant triphasé. Cette machine est du type américain Allis. Elle se compose de deux appareils séparés comprenant entre eux le volant et la dynamo occupant le milieu de l'arbre aux deux extrémités duquel sont des manivelles à angle droit l'un de l'autre.

Les cylindres sont à la partie supérieure de bâtis dont la base repose sur la plaque de fondation. La distribution s'opère à chaque cylindre par quatre organes Corliss à double entrée, avec commande du type Corliss-Reynolds. Il y a entre les deux machines un réservoir intermédiaire contenant un faisceau tubulaire pour le séchage de la vapeur.

Il y a deux régulateurs, un pour le contrôle de la vitesse, agissant sur la distribution, l'autre pour arrêt de sûreté en cas de non-fonctionnement du premier et agissant sur l'admission de la vapeur.

Les deux cylindres ont 0,813 et 1,726 *m* de diamètre et 1,220 de course. La pression initiale est de 12 *kg* et le nombre de tours normal, de 75 par minute. Le volant a un diamètre extérieur de 7,32 *m* et pèse 69 000 *kg*.

A 12 *kg* de pression initiale, les puissances indiquées seront les suivantes aux diverses admissions dans les cylindres H. P. :

15	25	40 0/0
1330 *ch*	2020 *ch*	3130 *ch*

Pour 10,5 *kg* de pression initiale :

15	25	40 0/0
1105 *ch*	1690 *ch*	2630 *ch*

Enfin, pour 8,5 *kg* de pression :

15	25	40 0/0
990 *ch*	1530 *ch*	2370 *ch*

Les conditions les plus économiques de marche, correspondant à 8,5 *kg* de pression et 30 0/0 d'admission, donnent un travail de 1700 *ch* environ (*Engineering*, 15 juin 1900, p. 777, article illustré).

6. — **Locomotive de montagne de Baldwin**. — La maison Baldwin vient de construire un type de locomotive spécial pour le chemin de fer de Mc Cloud en Californie. Cette ligne, d'une trentaine de kilomètres de longueur, présente des inclinaisons allant jusqu'à 7 0/0 ; l'écartement des rails est à la voie normale.

C'est une machine composée de deux locomotives-tender à 3 essieux couplés, attelées dos à dos avec les toitures de l'abri débordant l'une sur l'autre. L'eau est dans des caisses en forme de selle sur les chaudières et le combustible, qui est est du bois, sur le côté des plates-formes.

Comme c'est une machine Vauclain, il y a 8 cylindres, les petits de 292, les grands de 483 de diamètre, avec une course de 610 *mm*. Les roues ont 1,016 *m* de diamètre. Les deux grilles ont 2,40 m^2 de surface collective et la surface de chauffe totale est de 171,4 m^2 dont 13,90 m^2 de surface directe. La pression est de 14 *kg*.

Le poids total, entièrement utilisé pour l'adhérence, est, avec les approvisionnements au complet, de 73 000 *kg*. La machine peut remonter sur le profil indiqué 112 600 *kg* (125 short tons), ce qui représente un effort de traction maximum de 13 000 *kg* environ, ou 1 *t* pour 5,5 *t* de poids maximum.

Nous avons à peine besoin de faire remarquer que la solution adoptée ici par les célèbres constructeurs américains n'est pas autre chose que la machine jumelle qui a reçu une ou deux applications en Europe, il y a près de cinquante ans. Une de ces machines, destinée à un chemin de fer italien et étudiée par notre regretté collègue E. Mayer, figurait à l'Exposition universelle de 1855. Elle n'avait, il est vrai, que quatre cylindres tandis que la machine américaine en possède huit. Est-ce un progrès ?

7. — **Indicateur enregistreur des vitesses**. — On emploie généralement, pour indiquer et enregistrer les vitesses de translation des locomotives, des appareils qui donnent des indications proportionnelles au nombre de tours des roues motrices dans l'unité de temps et qui sont basés sur le principe des régulateurs à force centrifuge ou pen-

dules coniques. La tige de ces appareils, c'est-à-dire l'axe autour duquel se fait la rotation des boules, reçoit son mouvement circulaire continu des roues par divers genres de transmissions.

M. Desdouits, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État, a eu l'idée de remplacer le pendule tournant par un pendule oscillant auquel il est plus facile de communiquer le mouvement en le prenant par exemple sur une pièce de la distribution animée d'un mouvement alternatif.

L'appareil se compose d'une tige suspendue à un axe horizontal et recevant d'une pièce quelconque du mécanisme un mouvement oscillatoire d'amplitude modérée. Une masse M pouvant coulisser le long de cette tige est suspendue à un levier ou fléau mobile autour d'un centre ; un des bras de ce fléau est en connexion avec un frein à liquide.

Si la tige reçoit de la machine un mouvement d'oscillation plus ou moins rapide, une force centrifuge se développe dans la masse M et tend à faire incliner le fléau ; pendant chaque demi-oscillation, la force centrifuge varie de zéro à un maximum, et de ce maximum à zéro, mais, par l'effet de l'inertie et de l'adhérence du frein liquide, le fléau se maintient dans une position stable, accusant par son déplacement angulaire l'énergie moyenne de la force centrifuge et donnant ainsi la mesure de la vitesse.

On peut voir cet appareil sur les locomotives du chemin de fer de l'État exposées à Vincennes. (*Annales des Mines*, 2e livraison de 1900, article illustré).

8. — **Matériel de transport sur routes.** — La fabrique de machines de Daniel Best, à San Leandro, Californie, a fourni pour la Sibérie Orientale un matériel de transport composé de deux locomotives routières et de huit chariots en acier pouvant porter 12 *t* chacun. Ce matériel doit être employé concurremment avec des chameaux pour le transport de produits dans un district minier.

Les machines sont de la force de 50 *ch* chacune ; la chaudière est verticale à cause des fortes rampes qu'il y a à gravir ; elle a 1,22 *m* de diamètre et contient 160 tubes de 51 *mm* de diamètre et de 1,525 *m* de longueur. Le foyer a son axe horizontal, il a 1,10 *m* de largeur sur 0,90 *m* en hauteur et 2 *m* de longueur. L'appareil moteur comporte deux cylindres de 220×220 *mm* commandant les roues motrices par une transmission dentée. Ces roues ont 2,44 *m* de diamètre (8 pieds anglais) avec des bandages de 0,66 *m* de largeur. La roue directrice d'avant a 1,525 *m* de diamètre et un bandage de 0,45 *m* de largeur.

La machine porte une caisse à eau de 2 000 *l* de capacité qui lui permet de faire un parcours de 7 à 8 *km*. Le poids de la machine est de 14 *t*, elle marche à une vitesse de 5 ou de 10 *km*, suivant la charge et le profil. Les chariots remorqués ont des roues de 1,47 *m* de diamètre avec bandages de 0,40 *m* de largeur. Les caisses en tôle d'acier ont 5,70 *m* de longueur, sur 1,83 *m* de largeur et 1,22 *m* de hauteur. (*The Engineering Record*, 2 juin 1900, page 525).

9. — **Paquebots à deux hélices.** — Le paquebot de la ligne transatlantique américaine *New-York* a perdu une de ses deux hélices

le 22 mai dernier, se trouvant à environ 1 000 milles de la côte d'Irlande dans sa traversée de retour aux États-Unis. Le bout extérieur de l'arbre sur 4,80 *m* de longueur s'est rompu à 0,30 *m* de l'extrémité du presse-étoupes par lequel il pénètre dans la coque. Le coussinet de support du bout de l'arbre et l'enveloppe en tôle d'acier couvrant ce coussinet se sont rompus en même temps et ont entraîné l'hélice avec eux et l'arbre.

La machine de babord, celle qui actionne ce propulseur, commençait à s'emporter lorsque l'action immédiate du régulateur automatique l'amena à l'arrêt en 12 secondes.

Le reste de la traversée se fit avec l'hélice restante à la vitesse de 15 nœuds, soit les trois quarts de la vitesse normale. Le *New-York* va retourner à Southampton pour ses réparations qui sont plus faciles à effectuer dans ce port qu'à New-York.

L'examen de la coque semble indiquer que l'accident est dû probablement à la rencontre d'un corps flottant entre deux eaux. (*Engineering News*, 7 juin 1900, page 369).

IIe SECTION

Travaux géologiques, Mines et Métallurgie, Sondages, etc.

10. — **Statistique de l'Industrie minérale de la France.** — La production des combustibles minéraux s'est élevée en France en 1899 à 32 933 800 *t* dont 32 331 000 de houille et anthracite et 602 800 de lignite. Cette production est supérieure de 577 700 *t* à celle de 1898.

Si on considère la production par département, on trouve que la tête est prise par le Nord et le Pas-de-Calais qui figurent pour tout près de 20 millions de tonnes, soit les deux tiers de la production totale ; après vient la Loire avec 3 700 000 *t* et Saône-et-Loire avec 2 millions. Le lignite est produit pour les neuf dizièmes par les bassins de Fuveau et de Manosque, le premier en beaucoup plus grande proportion.

Il a été produit en 1899, un total de 2 567 400 *t* de fonte, soit 42 000 de plus qu'en 1898. Sur ce total, on compte 2 542 600 *t* de fonte au coke et seulement 13 700 *t* de fonte au bois et 11 000 de fonte mixte.

La production du fer s'est élevée à 842 750 *t* ou 76 300 de plus qu'en 1898. Sur ce chiffre on compte 590 000 *t* de fer puddlé, 6 900 de fer affiné au charbon de bois et 286 300 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons. Il n'a été fait que 620 t de rails en fer.

Pour l'acier, la production en 1899 a été de 1 530 000 *t* de lingots, ou 95 000 de plus qu'en 1898. Sur ce total, on compte 930 800 *t* d'acier Bessemer et 600 000 d'acier Siemens-Martin. La production des aciers ouvrés s'est élevée à 1 258 700 *t*, en augmentation de 80 000 *t* en 1898. Sur ce total, on trouve 265 700 *t* de rails, soit 23 000 *t* de plus qu'en 1898 et 321 000 *t* de tôles ou 44 000 de plus que l'année précédente. Pour les lingots, c'est la Meurthe-et-Moselle qui vient en tête avec 550 000 *t*, puis le Nord avec 258 000 *t*. (*Annales des Mines*, 3e livraison de 1900).

11. — **Machine reversible pour laminoir à l'Exposition de 1900.** — On peut voir dans le Palais de la Métallurgie au Champ-de-Mars une machine reversible pour laminoirs exposée par les constructeurs MM. Ehrhardt et Sehmer, à Schleifmühle près Saarbrück.

C'est une machine horizontale à trois cylindres indépendants actionnant des manivelles à 120°. Chaque cylindre est relié à un bâti présentant en plan la forme d'une fourche dont les branches portent les paliers de l'arbre; il y a donc six paliers, l'arbre est en trois parties dont chacune présente un coude. Les extrémités de cet arbre portent des plateaux à quatre empreintes.

La distribution se fait par des tiroirs à pistons actionnés par des coulisses dont les excentriques sont calés sur un arbre supérieur actionné au moyen d'engrenages par l'arbre moteur. La commande de la machine se fait d'une plate-forme située au-dessus de l'arbre à 3 *m* au-dessus du sol.

Les cylindres ont 1 *m* de diamètre et 1 *m* de course. Les pièces sont assez fortes pour pouvoir supporter une pression de vapeur de 10 *kg* combinée avec une condensation centrale. Avec de la vapeur à 9 *kg* et une allure de 120 à 130 tours, laquelle en cas de besoin pourrait être portée à 180, la machine développe 3 500 à 4 500 *ch*. Marchant sans condensation, elle consomme environ 10 *kg* de vapeur par cheval indiqué.

Pour un travail moyen de 4 000 *ch*, c'est donc une dépense de 40 000 *kg* de vapeur à l'heure pour laquelle il faut au moins 2 000 à 2 400 m^2 de surface de chauffe. La machine occupe un emplacement de 7 × 7 *m*, avec une hauteur de 2,50 *m* au-dessus du sol. (*Stahl und Eisen*. 1er juin 1900, page 594, article illustré.)

12. — **Production du fer et de l'acier en Allemagne.** — Voici quelques chiffres qui montrent d'une manière frappante l'importance du développement de l'industrie sidérurgique en Allemagne par la comparaison des productions en 1893 et en 1898.

L'extraction des minerais a grossi dans cette période de 11 457 000 *t* en 1893 à 15 900 000 *t* en 1898 et la valeur moyenne de la tonne de 4,40 à 4,90 *f*. Le nombre des mines exploitées a diminué dans le rapport de 561 pour la première date, à 550 pour la seconde. On voit de plus que la production individuelle de l'aciérie aussi bien que celle de la mine a augmenté notablement par ce fait que le nombre des ouvriers ne s'est accru que de 34 845 à 38 320. En dehors des minerais produits dans le pays, l'Allemagne a employé en 1898 une quantité de 2 718 000 *t* de minerai étranger, ce qui fait un total de 18,5 millions de tonnes, représentant environ 2,5 tonnes de minerai pour une tonne de fonte.

La production de la fonte a passé de 4 986 000 *t* en 1893 à 7 313 700 en 1898. Le nombre des ouvriers employés dans les hauts fourneaux s'est accru dans cette période de 24 200 à 30 800, mais la production par ouvrier a passé de 206 à 240 *t* et la production moyenne par haut fourneau en activité de 24 400 à 28 700 *t*.

Quant au fer, il y avait en 1898 en Allemagne 176 forges produisant 1 077 360 *t* tandis qu'en 1893, la production avait été de 1 078 000 *t*; sa

situation est donc restée la même : le nombre d'ouvriers engagés dans cette fabrication a diminué de 40 432 en 1893 à 38 135 en 1898, ce qui indique que la production individuelle a légèrement augmenté.

Pour les aciers ouvrés, la production a passé de 2 231 000 *t* en 1893 à 4 352 800 en 1898 et celle des lingots, billettes, etc. pour la vente de 931 600 à 1 428 200 dans la même période. Il y a donc eu en 1898 une augmentation de 82 0/0 sur la production totale d'acier par rapport à 1893. Le nombre des aciéries a passé dans la même période de 139 à 170 et le nombre des ouvriers de 65 944 à 70 690. (*Feilden's Magazine* juin 1900, page 676.)

13. — **Emploi du poussier d'anthracite pour remblai.** — Dans les mines d'anthracite d'Amérique, on perd généralement de 15 à 20 0/0 de poussier, trop fin pour être employé. Ce poussier est mis en tas et occupe à la surface du sol, des espaces quelque fois très étendus. On a eu, pour la première fois en 1887, à la mine de Kohinoor, dans la région du Schuylkill, l'idée d'utiliser ces poussiers pour remblayer les parties inférieures des chantiers de houilles.

Ce procédé a été employé en 1892 dans les mines Dodson et Black-diamond et un certain nombre d'autres mines d'anthracite commencent à l'adopter. Il consiste à entrainer le poussier dans des tuyaux de 0,10 *m* de diamètre au moyen d'un courant d'eau qui le conduit dans les parties de la mine qu'on se propose de remblayer.

Les joints des tuyaux sont disposés de façon à permettre un nettoyage rapide en cas d'obstruction.

Le poussier, à la sortie des tuyaux, se dépose après un parcours de 300 *m* et l'eau filtre à travers les terrains ou va se déverser, clarifiée, dans le puisard de la mine d'où on la remonte à la surface au moyen de pompes.

Ce remblai pénètre facilement dans les fissures les plus étroites et remplit les cavités où il serait parfois dangereux d'aller placer des remblais ordinaires. L'expérience a prouvé qu'il ne produisait pas de combustion spontanée.

Il a l'avantage de boucher hermétiquement les chantiers et de ne pas laisser passer d'air. On peut donc, dans certains cas, l'employer pour étouffer un incendie dans une partie de la mine. Le remblai de poussier lorsqu'il est sec, est très compact, très dur et l'on peut y percer des galeries sans soutènement.

Enfin, ce procédé pourrait être employé pour le remblayage de certaines mines en remplaçant le poussier d'anthracite par d'autres substances telles que le sable, la marne, etc. (*Le mois scientifique et industriel*. Mai 1900, d'après le *Journal of the Franklin Institute*.)

IVᵉ SECTION

Physique, chimie industrielle, divers, etc.

14. — **Les ordures ménagères de Paris** (1). — La longueur des rues de Paris est d'environ 1 000 *km*. La quantité d'ordures ménagères qu'on y récolte par jour est approximativement de 3 000 m^3. Le kilomètre de rues correspond donc à une récolte journalière de près de 33 m^3 de gadoues.

La production des ordures ménagères de Paris augmente d'année en année. Cette progression annuelle est d'environ 1/50ᵉ.

En 1895, les vingt arrondissements ont produit 1 017 207 m^3 de gadoues d'un poids moyen de 560 *kg* le mètre cube. Le poids annuel correspondant a été de 570 034 *t*, soit par jour en moyenne 1 562 *t*.

Ces chiffres, rapportés à l'habitant, donnent 415 *l* ou 233 *kg* par an et 1,137 *l* ou 0,639 *kg* par jour.

La production mensuelle varie ; elle est notablement plus élevée en hiver qu'en été ; il en est de même pour la densité. Ainsi, en 1895, la production mensuelle a été de 85,117 m^3 d'une densité de 643 *kg*, soit 54,771 *t* en janvier et de 81 m^3 d'une densité de 510 *kg*, soit 41,33 *t* en septembre.

En 1895, le débarras des ordures ménagères a entraîné, pour Paris, une dépense de 741 044 *f* en régie et de 2 202 100 *f* à l'entreprise, soit au total 2 943 144 *f*, ce qui correspond à 2,89 *f* par mètre cube et 5,16 *f* par tonne. Ces dépenses n'ont pas changé sensiblement pour les années 1896, 1897, 1898 et la première moitié de 1899, parce qu'elles faisaient partie d'une même période d'adjudication à l'entreprise de cinq années prenant fin le 15 juillet 1899.

A cette date, l'Administration municipale a voulu procéder à une nouvelle adjudication. Mais elle a dû, pour la plus grande partie, faute de soumissions, recourir à des marchés de gré à gré. Il en est résulté que les dépenses ont subi une augmentation considérable, montant à près de 4 millions pour une année entière. On doit donc se préoccuper de trouver une solution, ce qui ne paraît pas impossible, ces gadoues ayant une valeur très réelle pour l'agriculture. (*Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes sanitaires de France*, mai 1900. Note de M. P. Vincey.)

15. — **École d'armurerie de Liège.** — Il existe, à Liège, une école industrielle portant le nom d'École professionnelle d'Armurerie, laquelle a été fondée en 1896 par la ville, la province et le gouvernement, pour donner l'instruction dans la branche de la fabrication des armes à feu.

Le cours complet embrasse une période de trois ans et se divise en deux branches, l'une théorique, l'autre pratique. La partie théorique comprend le dessin, l'étude de la résistance et des propriétés du fer et de l'acier, etc. La partie pratique embrasse le travail du bois, celui des

(1) Cette note nous paraît compléter utilement la communication du même auteur insérée dans le *Bulletin de juin* (1ʳᵉ quinzaine) de notre Société.

métaux, la gravure, le polissage, etc., branche dont chacune est dirigée par un instructeur compétent.

L'enseignement est gratuit et, de plus, chaque élève reçoit 0,25 *f* par jour, et, à l'achèvement des études, il a droit à une somme égale au quart du prix de vente des objets fabriqués par lui.

L'école a ouvert avec 8 élèves et en compte actuellement 115, ce qui est tout ce qu'elle peut avoir. On s'occupe, d'allleurs, de l'agrandir pour obtenir de la place pour 200 élèves.

Les jeunes gens qui en sortent se placent très facilement. Cela se conçoit si on considère que, dans Liège et les environs, 30 000 personnes sont employées à la fabrication des armes à feu. Pendant plusieurs siècles, cette industrie a été la plus importante du pays et la ville a créé un musée important relatif aux armes à feu. Il est intéressant de noter qu'on fabrique toujours à Liège, tous les ans, plusieurs milliers de fusils à pierre pour la vente dans certaines contrées de l'Afrique, où les indigènes les préfèrent aux armes modernes. (*Journal of the Society of Arts*, 22 juin 1900, p. 619).

16. — **Le ciment de bois** (1). — Le ciment de bois (*Holzcement*) est une composition inventée en 1838, par l'Allemand Hœusler, laquelle est employée couramment en Allemagne depuis de nombreuses années, notamment dans la construction des toitures-terrasses pour casernes, hôpitaux, gares de chemins de fer, écoles, etc.

Cette matière, fournie par diverses usines allemandes, échappe, par sa nature et l'assimilation de ses éléments, à une analyse exacte; sa composition, restée secrète jusqu'à présent, paraît toutefois comporter du goudron de houille, auquel viennent s'ajouter du soufre, du brai, de la gomme, du noir de fumée et du poussier de charbon dans des proportions inconnues. Elle a une consistance molle et non liquide et on la renferme dans des tonneaux qui facilitent son exportation.

Ce ciment donne de très bons résultats; s'il faut en croire le concessionnaire en France, M. E. Piqueux, de Reims, la toiture-terrasse en ciment de bois de la halle aux vins de Hirschberg (Silésie), construite en 1839, n'aurait donné lieu à aucun entretien jusqu'en 1882, époque à laquelle le bâtiment fut agrandi; la toiture, vérifiée par des architectes du gouvernement, fut trouvée en très bon état.

En France, diverses applications ont été faites par le Génie militaire, d'abord au fort de Caluire, puis dans diverses chefferies du 14[e] corps d'armée et à des baraquements de la région des Alpes. Le prix ressort en moyenne à 8,50 *f* par mètre carré. Ces applications sont décrites avec détails complets dans une note insérée dans la *Revue du Génie Militaire*, de mai 1900, page 391.

17. **Règle dactylographique universelle.** — Cet instrument, imaginé par M. A. Bessat (2), rappelle par son aspect la classique règle

(1) Il a été fait mention de ciment ligneux ou ciment de bois sans aucune explication dans la séance du 21 avril 1899, à propos d'une communication de M. C. Barbey sur les Chemins de fer du Jura et des Alpes italiennes.

(2) M. A. Bessat est un des employés de notre Société. La Société d'Encouragement lui a décerné une médaille d'argent pour l'invention de cet appareil.

à calcul et est destiné à effectuer certains calculs relatifs à l'emploi des machines à écrire.

On sait que ces machines sont toujours munies d'une échelle divisée dont chaque degré correspond à un saut élémentaire du chariot et porte un numéro d'ordre ; devant cette échelle se déplace un index fixé au chariot. Ce dispositif permet à l'opérateur de déplacer le chariot de manière à frapper un caractère et un point voulu de la ligne.

La question de la disposition des titres est une des plus importantes pour un travail soigné. Or les titres sont des lignes incomplètes dont on doit en général faire coïncider le milieu avec l'axe même du texte. Cela conduit à des calculs peu compliqués, mais qui obligent l'écrivain à suspendre son travail pour faire un calcul sur du papier. La règle dont nous nous occupons a pour objet d'éviter ces inconvénients. Elle peut s'appliquer indistinctement à toute machine et permet d'obtenir les repères nécessaires non seulement à la disposition des titres ordinaires, mais encore à la disposition des titres placés symétriquement dans les deux moitiés d'une page, des titres en manchettes, à l'alignement des colonnes de chiffres, à la préparation des tableaux et à la disposition symétrique des titres placés dans les différentes colonnes d'un tableau. Nous ne saurions décrire ici l'appareil, qui est d'ailleurs fort simple ; il nous suffit de renvoyer au rapport de M. Carpentier à la Société d'Encouragement ceux de nos Collègues que la question intéresserait (*Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, Avril, 1900, page 521).

V[e] SECTION

Électricité.

18. **La première ligne à courant triphasé en Allemagne.** — On a ouvert, le 5 avril dernier, le chemin de fer local de Murnau-Kollhlgrub-Oberammergau, qui est la première ligne établie en Allemagne avec courant triphasé. Le tracé a environ 24 *km*. Sur les sept premiers, les inclinaisons ne dépassent pas 2 1/2 0/0 et sont très courtes ; mais plus loin, on rencontre une rampe de 3 de 7 500 *m* de longueur. Le point culminant de la ligne est un peu plus loin entre Saulgrub et Altenau ; il est à l'altitude de 875,60 *m* au-dessus de la mer et 146,60 *m* au-dessus du point de départ à Murnau. Les derniers 1 500 *m* sont en rampe de 3 0/0 et la ligne se termine par des voies multiples en éventail dans la station terminus qui est tout près du théâtre bien connu où on représente la Passion ; l'altitude de ce point est de 823,90 *m*.

La station qui contient les moteurs à courant triphasé est située à Kammerl, près Saulgrub, à 17 *km* de Murnau. On y utilise une chute de l'Ammer, donnant de 1 000 à 1 500 *ch*. A cet effet, on a construit un barrage d'où l'eau est amenée par un canal de 500 *m* et des tuyaux en tôle à trois turbines de 500 *ch* chacune. Les conducteurs du courant sont aériens.

A l'époque des représentations de la Passion qui ont lieu tous les dix ans (elles tombent cette année), on exploitera le chemin de fer par

des moteurs à vapeur, parce que l'électricité ne suffirait pas au trafic très intense. Les grands express internationaux pourront employer la ligne avec leurs locomotives. En temps ordinaire, la traction se fera à l'électricité (*Street Railway Journal*, Juin 1900, page 458).

19. — **Les moteurs à gaz et les électromoteurs.** — A la dernière réunion des techniciens des industries du gaz et de l'eau, le directeur du gaz de Dantzig, M. Runath, parlant des rapports du gaz et de l'électricité, disait « qu'il n'y a pas, entre ces deux agents, concurrence ni lutte, mais une émulation pacifique dans laquelle l'adversaire devient un aide et un pionnier pour l'industrie gazière. »

Il appuyait son dire sur de nombreux faits et le directeur des usines municipales de gaz et d'électricité de Cologne, M. Joly, fournit des tableaux statistiques intéressants, conduisant aux mêmes conclusions.

	Moteurs à gaz.	Électromoteurs.
	—	—
En 1890, Cologne comptait. . .	756,5 *ch*	»
1894 — . . .	1 237	20 *ch*
1898 — . . .	1 995	699
1899 — . . .	2 391	921,5
Augmentation.	396	222

De ce nombre, 42 moteurs faisant 601 *ch* actionnaient des dynamos, soit une puissance moyenne de 14,3 *ch* par moteur.

En 1894, 19 moteurs faisant 193 *ch* actionnaient des dynamos d'une puissance moyenne de 10,2 *ch*.

Par l'établissement de la centrale électrique, le nombre des moteurs à gaz conduisant des dynamos avait momentanément diminué, mais bientôt les installations particulières ont repris vivement.

On observera aussi que, Cologne ne fournissant que du courant alternatif ordinaire, cette ville se prête relativement peu à l'extension des électromoteurs (*Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, mai 1890, page 218).

20. — **Application de la traction électrique sur le métropolitain et sur le chemin de fer de ceinture de Berlin.** — D'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift* il n'est plus guère possible, avec l'aide de la vapeur, d'augmenter l'intensité du trafic sur le métropolitain de Berlin. Tous les avantages qu'offre la traction électrique pour des chemins de fer de l'espèce se trouvent réunis sur le métropolitain de Berlin, qui forme en quelque sorte la transition entre les tramways électriques d'une part et les chemins de fer transcontinentaux d'autre part. La traction électrique présente le grand avantage d'un démarrage très rapide; ainsi avec un chemin de fer électrique on peut réaliser facilement une accélération de 0,5 *m* par seconde, tandis que l'accélération la plus grande de la traction à vapeur ne peut guère dépasser 0,15 *m* par seconde.

Il s'ensuit qu'un train express atteindra, par exemple, au bout d'une minute, une vitesse de 80 *km* à l'heure, pour laquelle un express à vapeur a besoin de trois fois plus de temps au moins. Sur des voies telles que celles du métropolitain et du chemin de fer de ceinture, l'économie de temps réalisée est donc très importante.

Le projet établi par l'Union Electricitaets Gesellschaft apporte peu de modifications aux bâtiments existants et aux voies ; la vitesse des trains se trouve augmentée ainsi que leur capacité aussi bien pour le chemin de fer de ceinture que pour le métropolitain.

D'après les prévisions le service s'établira comme suit :

Tous les trains seront composés de 8 voitures motrices à 4 essieux, chacune d'elles ayant une capacité de 80 0/0 plus élevée que celle des voitures actuelles à voyageurs (les trains comportent 9 voitures à 2 essieux remorquées par une locomotive à vapeur).

Les trains pourraient se succéder à 2 minutes alors que l'espacement est actuellement de 3 minutes.

En prévoyant des arrêts de 30 secondes aux stations et une vitesse de 50 *km* à l'heure, l'Union démontre qu'on arriverait aux durées de trajet suivantes :

Sur le métropolitain, de Westend jusqu'à Stralau-Rummelsburg, 34 minutes au lieu de 44 ;

Sur la ceinture nord de Westend à Westend 69 minutes au lieu de 86 ;

Sur la ceinture sud, de la gare de Potsdam à la gare de Potsdam, 72 minutes au lieu de 90.

Comme les trains pourraient être composés de 12 voitures au lieu de 8 et qu'ils pourraient se suivre à des intervalles de 2 minutes, il s'ensuit qu'on disposerait d'une puissance de transport égale à 260 0/0 de celle offerte par le service actuel de 3 en 3 minutes.

Chaque voiture doit être pourvue de 2 moteurs d'une puissance de 175 *ch* chaque, de sorte qu'un train composé de 8 voitures semblables peut disposer en totalité de 2 800 *ch* tandis que les locomotives actuelles du métropolitain ne sont à même de donner que 400 *ch* environ.

L'énergie électrique sera fournie au train par 2 stations centrales, l'une à Charlottenburg, l'autre à Stralau-Rummelsburg, et ce, au moyen d'un troisième rail et d'un contact à frottement.

A chacune des 38 sous-stations à créer doit être installée une batterie d'accumulateurs reliée directement aux rails de contact, pour servir de batterie de tampon et fournir suffisamment d'énergie au moment des démarrages.

Les frais occasionnés par ce projet seraient d'environ 43 millions de marks. Avec la traction à vapeur actuelle et avec une production annuelle de 5 500 000 trains-kilomètres, les frais d'exploitation sont de 1,25 marck par train-kilomètre, tandis qu'avec une production de 6 600 000 trains-kilomètres électriques correspondant à 10 560 000 kilomètres-trains à vapeur, le train-kilomètre ne coûterait que 0,80 mark ; l'exploitation électrique serait donc de 28 0/0 meilleur marché que l'exploitation actuelle à vapeur. Dans ce chiffre des frais d'exploitation, l'intérêt du capital d'exploitation est calculé à raison de 3 1/2 0/0.

G. Baignères.

Pour la Chronique, les Comptes Rendus,
et les Informations Techniques :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Les machines à vapeur actuelles

Par M. Jacques Buchetti (1).

On sait que M. Buchetti a déjà publié plusieurs ouvrages importants sur les machines à vapeur; nous avons rendu compte de l'un d'eux : « Les machines à vapeur à l'Exposition de 1889 » dans le Bulletin de février 1890.

Le livre que nous présentons aujourd'hui à nos Collègues et que l'auteur a la modestie de donner comme une seconde édition est entièrement refondu et contient les perfectionnements les plus récents apportés à la machine à vapeur, on peut donc le considérer comme un nouvel ouvrage. Nous nous proposons de donner une idée de la méthode qui a présidé à sa rédaction et à la composition de ses diverses parties, mais auparavant nous demandons à dire quelques mots sur une question pour ainsi dire personnelle.

M. Buchetti avait bien voulu nous demander de faire une préface pour mettre en tête de son livre. Nous avons accepté, avec empressement d'abord pour donner à cet écrivain consciencieux un témoignage d'estime et de sympathie et aussi, disons-nous dans cette préface, pour saisir cette occasion de rappeler que le sujet dont traite M. Buchetti est aujourd'hui encore et plus que jamais la plus importante peut-être des questions qui intéressent l'industrie.

En effet, l'Exposition de 1900 nous apporte le témoignage le plus écrasant en faveur de la vitalité du moteur à vapeur qui y joue un rôle tout à fait prépondérant comme on sait.

Le développement prodigieux de l'électricité qui devait, disait-on, hâter la disparition de la machine à vapeur au profit des forces naturelles, lui a au contraire imprimé un nouvel essor et amené la construction de moteurs d'une puissance qu'on n'eût jamais oser rêver il y a peu de temps encore et dont nous voyons un certain nombre de spécimens au Champ-de-Mars. La publication d'ouvrages comme celui dont nous nous occupons répond donc à un besoin d'actualité, n'en déplaise à certains esprits trop pressés qui proclamaient bruyamment que la machine à vapeur survivrait de bien peu au siècle qui va finir.

L'ouvrage de M. Buchetti se divise en trois parties.

La première partie commence par l'exposé des principes physiques et mécaniques sur lesquels repose le fonctionnement de la machine à vapeur et indique sommairement les rapports entre la chaleur, source de la puissance, et le travail que produit la machine, rapport qui constitue le rendement de l'appareil. Ce travail lui-même se subdivise en

(1) 3 volumes in-4° et 2 atlas. Chez l'auteur, 92, boulevard Saint-Germain, Paris.

travail brut produit sur les pistons moteurs, travail qu'on appelle souvent *indiqué* parce qu'il est mesuré par l'indicateur, et travail net ou effectif sur l'arbre mesuré au frein.

Cette partie est donnée avec tous les développements qu'elle comporte et nous saisirons l'occasion qui se présente de rappeler que l'indicateur, cette balance minuscule qui permet de peser des forces de plusieurs milliers de chevaux sans intervenir aucunement dans le fonctionnement de la machine à laquelle on l'applique, a été l'instrument le plus puissant non seulement des progrès réalisés dans les machines à vapeur, mais aussi des recherches théoriques effectuées sur elles. On sait que c'est l'étude des diagrammes relevés sur une machine Farcot établie dans une manufacture de la rue de la Vieille-Estrapade à Paris qui a conduit Thomas à reconnaître dès 1838 l'action thermique des parois des cylindres et pistons, action qui est la base de la théorie moderne de la machine à vapeur et dont la découverte constitue une des grandes dates de l'histoire de ce moteur.

Après cet exposé l'auteur étudie l'action de la détente, le facteur le plus important de l'utilisation de la vapeur, détente qui peut avoir lieu dans un seul cylindre ou dans des cylindres successifs, le rôle de la condensation, celui de l'inertie des pièces en mouvement constituant la transmission entre le mouvement alternatif du piston et le mouvement circulaire continu de l'arbre, les volants, les régulateurs, etc. Cette partie se termine par l'examen des calculs de résistance des diverses pièces et renferme tous les éléments dont le constructeur a besoin pour établir les bases d'un projet de machine auquel il ne reste qu'à donner les forces matérielles.

La seconde partie s'occupe des distributions. On y trouve d'abord des considérations générales sur le rôle des organes qui sont chargés de distribuer la vapeur sur les deux faces du piston moteur, puis l'étude détaillée des divers genres de distributeurs, en commençant par les tiroirs, simples ou superposés, pour finir par les organes perfectionnés qu'on trouve dans les grandes machines modernes. Cette partie comprend aussi la description des appareils de changement de marche, de manœuvre et de mise en marche.

Si, par une comparaison avec le corps humain, on assimile à la *physiologie* l'étude à laquelle est consacrée la première partie de l'ouvrage de M. Buchetti, on peut considérer comme analogue à l'*anatomie* le sujet de la troisième partie qui s'occupe de la réalisation matérielle des machines, c'est-à-dire de la construction proprement dite en décrivant en détail les divers systèmes de moteurs. Ces systèmes comprennent les machines à tiroirs plans ou cylindriques qui sont elles-mêmes divisées en deux classes, les tiroirs mus par un excentrique fixe et les tiroirs mus par un excentrique à course ou calage variable par l'effet d'un régulateur placé dans le volant, système qui s'est beaucoup répandu depuis quelques années, les machines à tiroirs rotatifs, les machines à distribution par soupapes et par organes Corliss, etc., puis les machines à triple expansion, qui peuvent d'ailleurs avoir des distributions des divers genres indiqués plus haut. A la fin de cette partie on trouve des détails pleins d'intérêt sur certaines machines spéciales telles que celles

qui actionnent des souffleries ou des pompes de compression d'eau. Un atlas de cinquante grandes planches donnant des dessins d'ensemble et de détail des machines décrites facilite leur étude. Un autre atlas de dix-huit planches plus petites donne les épures de distribution et les dessins des divers mécanismes qui actionnent les distributeurs.

Les ouvrages du genre de celui que nous venons de présenter à nos Collègues ont une grande utilité. Il ne faut pas perdre de vue que les appareils mécaniques ne réussissent que par les détails, c'est-à-dire par un tracé et une exécution matérielle convenables; sans cela la conception théorique la mieux conçue est exposée à échouer misérablement. On n'en a que trop d'exemples.

Nous pouvons donc recommander en toute sécurité le livre de M. Buchetti à tous ceux de nos lecteurs que la grosse question du moteur à vapeur peut intéresser à divers titres. Les uns y trouveront des modèles excellents et récents qui leur serviront dans leurs études, les autres simplement des renseignements utiles sur la disposition des machines actuelles, mais tous, croyons-nous, le consulteront avec fruit; nous ne pouvons donc faire mieux pour terminer que de souhaiter au nouvel ouvrage de M. Buchetti tout le succès qu'il mérite.

A. Mallet.

IIIe SECTION

Les Charbons britanniques et leur épuisement (1)
par M. Ed. Lozé.

Le fer et le charbon constituent la colonne vertébrale du colosse britannique. Le charbon représente l'énergie potentielle de la Grande-Bretagne.

Ces deux aphorismes, cités par M. Lozé, pourraient servir d'épigraphe à l'ouvrage qu'il vient de publier et dont ils résument bien l'esprit.

C'est en effet le fer et le charbon qui, entre les mains d'une race énergique, industrieuse et profondément égoïste, ont fait ce puissant peuple anglais qui occupe, dans le monde, l'un des premiers rangs par sa grandeur maritime, ses richesses métropolitaines et coloniales, son industrie, son commerce et son organisation sociale.

Si l'on juge du génie d'une race et de son influence par l'expansion de son langage, la Grande-Bretagne est à la tête des nations, car l'anglais est la langue officielle de 450 millions d'êtres humains, c'est-à-dire du tiers de la population du globe.

On comprend dès lors l'intérêt que présente l'étude du fer et surtout des charbons britanniques, puisque c'est eux qui ont amené le prodigieux développement du pays.

En 1876, on attribuait à la production annuelle des charbonnages anglais la valeur de forces industrielles équivalant au travail de trois milliards d'ouvriers adultes pendant 365 jours. Depuis cette époque, la production a passé de 134 millions de tonnes à 204; celle-ci d'ailleurs

(1) Deux volumes in-8°, de 1230 pages avec 27 planches et graphiques hors texte, Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris.

est loin de diminuer et l'on estime qu'il reste encore 80 milliards de tonnes utilement exploitables.

Cette estimation semble basée sur des calculs très sérieux, comme M. Lozé s'efforce de le prouver par l'étude géologique et la description des bassins houillers du Royaume-Uni, d'après les Ingénieurs et écrivains les plus autorisés.

Successivement, il passe en revue :

Les bassins anglais du Northumberland, du Durham, du Lancashire, du Cheshire et de Burnley, du Midland, du Leicestershire, du Warwickshire, etc.

Puis ceux du Pays de Galles, d'Écosse, d'Irlande.

L'étude serait incomplète si l'auteur ne prenait soin de nous conduire à travers les colonies anglaises qui, à l'instar de la même patrie, développent également l'exploitation de leurs richesses noires.

C'est, en Afrique, les charbons du Natal, du Cap, du Basutoland et du Zululand. En passant, M. Lozé cite les gisements houillers du Transwaal qu'on estime à plus de 500 millions de tonnes et ceux de l'État d'Orange qui peuvent, dit-on, fournir annuellement 6 millions de tonnes pendant une période de 1200 ans; c'est là, on le voit, une fructueuse conquête à faire et qui, mieux encore que les mines d'or du pays boer, pourra payer les frais de la guerre actuelle.

C'est, en Asie, l'Inde et ses dépendances, Bornéo, Labuan.

En Océanie, le Queensland, le New South Wales, Victoria, la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande, etc.

Enfin, en Amérique, le Canada, Terre-Neuve, Vancouver, la Trinidad.

On peut se faire une idée de leurs ressources par l'examen du tableau suivant des productions coloniales en 1897 et 1898 ;

Colonies.	Production en 1897.	Production en 1898.
—	—	—
Natal	247 900 *t*	387 030 *t*
Cap	115 300	192 000
Inde.	4 128 000	4 605 000
Queensland.	363 700	408 000
New South Wales	4 454 100	4 706 000
Victoria	239 700	243 000
Australie occidentale . . .	—	3 250
Tasmanie	43 600	49 100
Nouvelle-Zélande	854 400	907 000
Canada	3 519 400	4 173 000

Mais revenons aux charbons de la Grande-Bretagne et voyons comment ils ont contribué au développement de la nation.

C'est d'abord l'industrie des transports par eau et par terre qu'a singulièrement favorisée l'extraction des houilles.

Nul pays au monde n'est d'ailleurs mieux placé pour offrir d'énormes facilités aux transports par eau et aux exportations par mer.

Les cours d'eau : Tamise, Trent, Severn, Tyne, Mersey, Forth, etc., constituent, avec les canaux, de 6 à 7000 *km* de voies navigables qui

ont transporté, en 1898, plus de 36 millions de tonnes de marchandises de tous genres, parmi lesquelles 7 millions de tonnes de charbons.

D'autre part, de 15 à 20000 navires, chargés dans d'excellents ports, ont convoyé à l'étranger 48 millions de tonnes de charbons, dont 11 millions pour leur propre usage.

Quant aux chemins de fer, dont le réseau de 34500 *km* couvre de mailles serrées toutes les régions commerciales et industrielles du Royaume-Uni, leur immense matériel comprend :

19400 locomotives.
42500 voitures à voyageurs.
642700 wagons à marchandises.

Ils ont transporté en 1898 :

Marchandises générales . .	102	millions	de tonnes.
Produits des mines	255	—	—
Divers	200	—	—
Total	557	millions	de tonnes.

Toutes ces facilités de transport et l'abondance d'un combustible à bas prix ont amené l'éclosion de centres industriels colossaux pour la métallurgie, le travail des métaux, le travail des laines, cotons et autres textiles, la construction des navires, etc; et M. Lozé nous fait assister à la naissance et au développement de ces fameuses métropoles connues dans le monde entier et qui ont noms :

Liverpool, le grand centre commercial.
Manchester, la métropole du coton.
Oldham et Bolton, dont les filatures de coton occupent 65000 ouvriers.
Middlesbro, qui fabrique 2 millions de tonnes de fonte.
Leeds, la ville des lainages et des poteries.
Sheffield, la cité des aciers et de la coutellerie.
Birmingham, le centre des arts mécaniques.
Newcastle, Cardiff et Newport, les ports charbonniers.
Swansea, aux fonderies de cuivre, étain, plomb, zinc, nickel, argent, etc.
Glascow, charbonnière et métallurgique.

C'est ainsi que le charbon, en provoquant une activité humaine intensive, a fait de la Grande-Bretagne le plus grand centre industriel et commercial du monde, et a mis aux mains du Gouvernement britannique une puissance économique qui, débordant de son île trop étroite, tend à couvrir peu à peu les deux hémisphères.

Mais cette richesse, cette fortune inouie dureront-elles longtemps encore? Quelles sont, en un mot, les ressources houillères disponibles? C'est la question que, depuis un demi-siècle, on a posé à maintes reprises sans arriver à la résoudre d'une façon précise.

Cependant de sérieux éléments d'appréciation ont été fournis par l'étude des divers bassins houillers, mais les divergences d'opinions sont très grandes en ce qui concerne la quantité de charbon utilement exploitable.

Naturellement, le Gouvernement et l'opinion publique se sont émus, à différentes époques, de la possibilité d'un épuisement prochain et, en 1866, une Commission royale fut chargée d'émettre à ce sujet un avis motivé.

En 1869, la Commission résuma ses travaux en indiquant comme limite utile d'extraction la profondeur de 4000 pieds (1200 *m*) et évaluant à 146 milliards de tonnes la quantité de charbon ainsi utilement exploitable.

Plus tard, M. Hull, un des membres autorisés de la Commisssion, a repris cette étude pour son propre compte et, dans un livre longuement motivé, *Our Coal Resources*, qu'il a publié en 1897, il estime que ce chiffre de 146 milliards doit être réduit à 80.

Il n'y aurait donc plus actuellement que 80 milliards de tonnes de charbon; de telle sorte qu'en se basant sur une extraction annuelle de 200 millions de tonnes, l'épuisement se ferait en 400 années. Il ne resterait plus de charbons, en Angleterre, en l'an 2300.

Mais M. Lozé pense que cette évaluation est encore exagérée; en tout cas elle s'applique à l'*épuisement réel* et non à l'*épuisement commercial* qui commencera à se faire sentir dès qu'on aura atteint les profondeurs de 600 à 700 *m*. Aussi estime-t-il qu'entre 1950 et 1960 les conditions exceptionnellement favorables faites actuellement par les houillères à la marine, au commerce et à l'industrie du Royaume-Uni tendront à disparaître; à cette époque l'exploitation entrerait dans une période de stagnation ou d'oscillation après laquelle commencerait l'ère de décroissance et peut-être aussi de décadence.

C'est là probablement la note vraie, mais il est un point sur lequel la clairvoyance de M. Lozé paraît être en défaut, c'est quand il affirme, d'après l'auteur anglais Jevons (1), qu'il est absurde de craindre la concurrence des charbons américains.

Jevons estimait, en 1866, que la tonne de charbon d'Amérique rendue dans un port européen vaudrait de 50 à 75 *f*, alors que la houille anglaise se payait, à Londres, de 20 à 25 *f*. Tout cela a bien changé depuis.

D'ailleurs la famine des charbons de 1899 et les faits qui en sont résultés donnent absolument tort aux appréciations de Jevons, car nous voyons les houilles américaines commencer à se substituer aux charbons anglais sur plusieurs marchés européens, comme elles l'ont déjà fait dans les deux Amériques.

C'est que, nulle part au monde, les charbons ne sont extraits aussi économiquement qu'aux États-Unis; de plus leur production qui n'était encore que de 29 millions de tonnes en 1866 — contre 103 millions en Angleterre — atteint en 1899 le chiffre colossal de 222 millions, supérieur par conséquent à celui de la Grande-Bretagne. Notons encore que les frets s'avilissent de plus en plus et que la question des transports à grande distance a cessé d'être un obstacle; ce n'est même plus une objection.

Toutes ces constatations, que Jevons ne pouvait prévoir ni soupçonner, montrent bien que la concurrence américaine n'est pas une utopie

(1) *The Coal Question*. London, 1866.

et qu'elle va être bientôt, dans l'équilibre du monde, le principal contre-poids à la prédominance britannique.

Quoiqu'il en soit, l'ouvrage de M. Lozé est une étude remarquable à tous égards et savamment présentée de l'impérialisme anglais. On en termine la lecture avec l'impression que l'immense empire est arrivé à son apogée et ne peut plus, désormais, que décliner.

P. Chalon.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14010-6-00. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1900

N° 14

OUVRAGES REÇUS

Agriculture.

Pendant le mois de juillet 1900, la Société a reçu les ouvrages suivants :

RONNA (A.). — *Rothamsted. Un demi-siècle d'expériences agronomiques de MM. Lawes et Gilbert*, par A. Ronna (in-8°, 250×165 de VI-607 p. avec 26 fig.) (Extrait des Annales de la Science agronomique française et étrangère, 2e série, 6e année, 1900. Tomes I et II). Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1900 (Don de M. A. Ronna, M. de la S.). 39947

Astronomie et Météorologie.

Annales de l'Observatoire de Nice publiées sous les auspices de l'Université de Paris, par M. Perrotim. Tome VII (Fondation R. Bischoffsheim) (in-4°, 330 × 250 de 450 p. avec 90 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1900. 39905

SPREGA (A.). — *Grandine e spari*. Ing. Annibale Sprega (Estratto dal Bollettino dell'Associazione fra gli Utenti di Caldaie a vapore avente sede in Roma. Rivista Agricolo-Industriale) (in-16, 180×200 de 61 p.). Roma, Tipografia Fratelli Centenari, 1899 (Don de l'auteur). 39925

SPREGA (A.). — *Il Congresso di Casale e i Resultàti ottenuto con gli spari contro la Grandine nell' anno 1899.* Ing. Annibale Sprega (Estratto dalla Rivista Agricolo-Industriale. Bollettino dell' Associazione fra gli Utenti di Caldaie a vapore avente sede in Roma) (in-8°, 290 × 160 de 47 p.). Roma, Tipografia Fratelli Centenari, 1900 (Don de l'auteur). 39926

Chemins de fer et Tramways.

BIARD ET SCHOELLER. — *Capacité des wagons à marchandises* (Congrès international des chemins de fer. Sixième session. Paris, 1900. Question XVIII). Exposé n° 4, par MM. Biard et Schoeller (Extrait du Bulletin de la Commission internationale des chemins de fer). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1900 (Don des auteurs). 39927

Congrès international des Tramways (Paris, 10, 11, 12 et 13 septembre 1900). Organisé sous les auspices de l'Union internationale permanente de Tramways. Réponses au questionnaire (Exposition universelle Paris 1900) (in-4° 330 × 210 de VI-148 p. avec 4 pl.). Bruxelles, Tr. Rein, 1900 (Don de l'Union internationale permanente de Tramways). 39924

GUILLAUME (J.-A.). — *Block-système électrique Krizik*, par Jacques Guillaume (Extrait de l'Eclairage électrique du 7 juillet 1900) (in-4°, 280 × 225 de 12 p.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900 (Don de M. L. Héraux, représentant). 39954

Installations de sécurité du chemin de fer hollandais. Publié à l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris, 1900 (in-4°, 300 × 200 de 34 p. avec 2 pl. et 29 fig.). Amsterdam, Roeloffzen-Hübner et van Santen (Don de M. H.-P. Maas Geesteranus). 39943

Locomotive compound à grande vitesse à quatre cylindres, exposée par la Société Italienne des Chemins de fer Méridionaux (Exposition universelle de Paris, 1900) (in-4°, 320 × 220 de 6 p. autogr. avec 10 pl. et 2 phot.) (Don de M. G.-L. Pesce, M. de la S.). 39880

MALLET (A.). — *Locomotive compound articulée, système Mallet*, par M. A. Mallet (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des tramways, n° de mai 1900) (in-4°, 315 × 225 de 17 p. avec 1 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39895

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1898. Documents divers. Première partie. France. Intérêt général (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 310 × 230 de 304 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 39868

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1898. Documents divers. Deuxième partie. France. Intérêt local et Tramways. Algérie et Tunisie (Ministère des Travaux publics, Direction des Chemins de fer) (in-4°, 310 × 230 de 490 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 39869

Chimie.

Coux (H. de la). — *L'Eau dans l'industrie*, par H. de la Coux. *Composition. Influences. Désordres. Remèdes. Eaux résiduaires. Épuration. Analyse* (in-8°, 250 × 165 de 496 p. avec 134 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'Éditeur). 39885

Trillat (J.-A.). — *L'industrie chimique en Allemagne. Organisation économique, scientifique et commerciale*, par J. Auguste Trillat (Encyclopédie industrielle) (in-18, 180×110 de VIII-490 p.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1900 (Don des éditeurs). 39951

Construction des machines.

Buchetti (J.). — *Les Machines à vapeur actuelles. Première partie. Calculs des machines*, par Jacques Buchetti (in-4°, 280 × 225 de 151 p. avec 127 fig. et 2 pl.). Paris, chez l'auteur, 1900 (Deuxième Édition) (Don de l'auteur). 39898

Buchetti (J.). — *Les Machines à vapeur actuelles. Deuxième partie. Distributions par tiroirs*, par Jacques Buchetti (in-4°, 280 × 225 de 104 p. avec 140 fig. et atlas même format de 18 pl.). Paris. chez l'auteur, 1900 (Deuxième Édition) (Don de l'auteur). 39899 et 39900

Buchetti (J.). — *Les Machines à vapeur actuelles. Troisième partie. Construction*, par Jacques Buchetti (in-4°, 280 × 225 de 151 p. avec 281 fig. et atlas 370 × 230 de 50 pl.). Paris, chez l'auteur, 1900 (Deuxième Édition) (Don de l'auteur). 39901 et 39902

Compte rendu des Expériences faites au frein de Prony sur les Turbines Schabaver (Société anonyme des Ateliers de construction et fonderie de Castres (Tarn) F.-I. Schabaver Administrateur) (in-8°, 210 × 135 de 10 p.). Castres, Abeilhou (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 39875

Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur. I. Organisation du Congrès (1 br. 265×210 de 7 p.). Paris, Imprimerie Nationale. *II. Rapports. Questions 1 à 12.* (12 br. in-8° 265×185). Paris, Capiomont et Cie (Exposition Universelle de 1900). (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.). 39910 à 39922

La Pompe centrifuge et ses rendements possibles pour les élévations d'eau aux grandes hauteurs (Société anonyme des Ateliers de construction et fonderie de Castres. F.-I. Schabaver, Administrateur-Directeur) (in-8°, 240 × 155 de 9 p. avec 1 pl.). Castres, Abeilhou, 1899 (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 39878

La Pompe centrifuge et ses rendements suffisants pour élévations d'eau à toutes hauteurs (Société anonyme des Ateliers de construction et fonderie de Castres. F.-I. Schabaver, Administrateur-Directeur) (in-8°, 210 × 135 de 10 p.). Castres, Imprimerie de l'Avenir 1899 (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 39877

Les Ateliers de construction et fonderie de Castres F.-I. Schabaver (pages 23 à 28 de la Revue générale illustrée de février 1900) Bellevue, près Paris (Seine-et-Oise) (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 39879

Moteurs hydrauliques. Turbines perfectionnées (Société anonyme des Ateliers de construction et fonderie de Castres (Tarn). F.-I. Schabaver Administrateur) (in-8°, 210 × 135 de 16 p.). Paris, Camis (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 39876

Sencier (G.) et Giffard (P.). — *Le Concours de moteurs de la « Locomotion automobile ». Octobre 1899-Janvier 1900.* Chiffres et résultats d'expériences, par Gaston Sencier, avec une préface de Pierre Giffard (in-8°, 250 × 165 de 110 p., avec 33 fig.). Paris, V^e^ Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 39942

Éclairage.

A. E. G. Glühlampen. Allgemeine Elektricitäts, Gesellschaft-Berlin (broch. 155 × 235 de 34 p. avec 13 pl.). Berlin S, Otto Elsner, 1900 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39887

Die Herstellung der A. E. G. Glühlampe nebst Abbildungen aus der Glühlampen Fabrik der Allgemeinen Elektricitäts, Gesellschaft-Berlin (broch. 170 × 120 de 32 p.). Berlin, N. O., C. J. Huss (Don de l'A. E. G., Berlin). 39886

Rendu (A.). — *Chambre syndicale des Propriétés immobilières de la Ville de Paris. La question du gaz. Discours prononcé à la Réunion des Bureaux des Comités des quatre-vingts quartiers de Paris, le 28 avril 1900*, par M. Ambroise Rendu, Conseiller Municipal de Paris (in-8°, 235 × 145 de 27 p.). Paris, Guérin, Derenne, Lluis et Cie, 1900 (Don de M. Chamond). 39945

Économie politique et sociale.

Chambres syndicales de la Ville de Paris et du Département de la Seine. Industrie et bâtiment, 3, rue de Lutèce (Cité), Paris. Historique des métiers composant le groupe et de leurs syndicats, par les Présidents de ces Chambres, avec la collaboration de M. François Husson (in-8°, 280 × 190 de 461 p.). (Exposition Universelle de Paris de 1900). Paris, Imprimerie des Chambres syndicales de l'industrie et du bâtiment, 1900 (Don de M. Frédéric Bertrand, Président du Conseil des Chambres syndicales de la Ville de Paris et du Département de la Seine). 39957

Chambre de Commerce de Rouen. Compte rendu des Travaux pendant l'année 1899 (in-4°, 250 × 190 de 585 p. avec 1 pl.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1900. 39903

La Colonisation Lyonnaise. Rapport présenté par le Comité départemental du Rhône (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 275 × 180 de 173 p.). Lyon, A. Rey et Cie, 1900 (Don de la Chambre de Commerce de Lyon). 39883

Électricité.

ABT (A.) et ROSAMBERT (CH.). — *Recherches sur les Propriétés magnétiques de différents minerais de fer, et plus spécialement du fer magnétique, de la pyrrhotine et des hématites*, par le Docteur A. Abt. Traduit sur les mémoires originaux par Ch. Rosambert (Institut de Physique de l'Université de Kolozsvar (Hongrie) (in-8°, 225 × 140 de 55 p.). Paris, Plon, Nourrit et Cie, 1900 (Don de M. Rosambert, M. de la S.). 39906

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Elektrische Strassenbahnen. (Ouvrage en allemand, français et anglais). (Album 250 × 340 de 400 p.). Berlin, S., Otto Elsner, 1900 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39893

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Maschinenfabrik. Apparatefabrik. Kabelwerk. Glühlampenfabrik (album 230 × 320 de 14 p. avec 43 pl.). Berlin, N. O., C. J. Huss, 1899 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39890

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Maschinenfabrik. Apparatefabrik. Kabelwerk. Oberspree. Glühlampenfabrik (album 230 × 320 de 84 pl.). Berlin N. O., C. J. Huss, 1899 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39891

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Organisation der Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Maschinenfabrik, Apparatefabrik. Kabelwerk. Glühlampenfabrik (album 225 × 300 de 16 p.) (Don de l'A. E. G., Berlin). 39888

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Transportable Wertzeuge und Kleinmotoren (album 225 × 305 de 57 p.). Berlin O., Riefenstahl, Zumpe und C°, 1899 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39889

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Weltausstellung Paris, 1900 (album 240 × 350 de 24 p.). Berlin O., Riefenstahl, Zumpe und C°, 1900 (Don de l'A. E. G., Berlin). 39892

Groupe électrogène de l'Exposition allemande fourni par la Société anonyme d'Électricité, ci-devant W. Lahmeyer et Cie, Francfort-sur-le-Mein (Notice 480 × 320 de 6 p.). (Don de la Société anonyme d'Électricité de Francfort-sur-le-Mein). 39946

Enseignement.

Programme des cours de l'École nationale supérieure des Mines (in-8° 240 × 155 de XXXIV-310 p.). Paris, Imprimerie Nationale 1900 (Don du Ministère des Travaux publics. 39939

Projet de fondation d'une École supérieure de commerce (Société industrielle de Reims) (in-8°, 240 × 160 de 12 p.). Reims, Indépendant Rémois, 1900. 39953

THURSTON (R.-H.). — *Sibley College Cornell University. Report of Robert H. Thurston, Director of Sibley College (Sixteenth Regular Report) To the Board of Trustees of Cornell University on the occasion on the fifteenth Anniversary of the organization of the College* (in-8°, 235 × 155 de 88 p. avec 15 phot.). Ithaca, Andrus and Church, 1900 (Don de M. R. H. Thurston, M. de la S.). 39881

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Field Columbian Museum, Publication 42. Report Series. Vol. 1, n° 5. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1898-99 (in-8°, 255 × 170, pages 345 à 426). Chicago, U. S, A., octobre 1899. 39872

Législation.

Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. June 1900 (in-8°, 225 × 150 de 49 p.). Boston, Alfred Mudge and Son, 1900. 39908

Congrès international de la Propriété industrielle, Paris 1900. Examen préalable des demandes de Brevets d'invention, par M. W. Lloyd Wise (in-4°, 290 × 215 de 4 p.). London 1900 (Don de l'auteur). 39956

The Canadian Society of Civil Engineers. Charter, By-Laws and List of Members, 1900 (in-8°, 230 × 155 de 75 p.). Montreal, John Lowll and Sohn. 39871

Western Society of Engineers. Constitution, By-Laws, List of Officers and Members. June 1900 (in-8°, 230 × 155 de 48 p.). Chicago, 1900. 39952

Métallurgie et Mines.

Catalogue of Drilling and Boring Machines. Hill, Clarke and C° Boston and Chicago (in-8°, 225 × 150 de 111 p.). Boston, Mc Indoe, 1900 (Don de Hill, Clarke and C°). 39894

Gouvy et Cie, Dieulouard (Meurthe-et-Moselle), Hombourg-Haut (Lorraine). (Exposition universelle de 1900 à Paris) (broch. 200 × 105 de 47 p. avec illustr. et pl.). Paris, Imprimerie Eugène Verneau, 1900 (Don de M. Ch.-F. Gouvy, M. de la S.). 39961

Notice sur les Usines et description des produits exposés par la Société anonyme métallurgique d'Aubrives et Villerupt (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 210 × 135 de 15 p.). Givet, Dury et Hacart, 1900. 40031

OBALSKI (J.). — *Rapport sur les Mines de la Province de Québec pour l'année 1899*, par J. Obalski (Département de la Colonisation et des Mines) (in-8°, 250 × 165 de 51 p.). Mars 1900 (Don de M. Merzbach, M. de la S., de la part de l'auteur). 39882

PELATAN (L.). — *Les Richesses minérales des Colonies françaises*, par L. Pelatan (Exposition universelle de Paris, 1900) (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome L, 3e série, page 117, 44e année, 1900) (in-8°. 240 × 160 de 33 p. avec 1 pl.). Liège, Paris, H. Le Soudier (Don de l'auteur, M. de la S.).

ROTHWELL (R.-P.). — *The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade in the United States and other Countries to the end of 1899*, Edited by Richard P. Rothwell (in-8°, 240 × 160 de XXVIII-986 p.). New-York and London, The Scientific Publishing Company, 1900. 39904

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

VIIIe Congrès international de navigation. Paris, 1900. Rapports présentés au Congrès (46 brochures in-8°, 270 × 180). Paris, Lahure, 1900. 39965 à 40010

FOREST (F.) et NOALHAT (H.). — *Les bateaux sous-marins. Historique*, par MM. F. Forest et H. Noalhat. Préface de A. Saissy (in-8°, 225 × 165 de XI-385 p. avec 352 fig. et 2 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'Editeur). 39874

Halage électrique sur le canal de Charleroi et distribution d'électricité. Compagnie générale de traction électrique sur les voies navigables. Administrateur délégué : M. Léon Gérard (Album 160 × 220 de 9 phot.). Bruxelles, Phototypie Hellemans (Don de M. L. Gérard, M. de la S.). 39923

La Marine Impériale Russe à l'Exposition universelle de 1900, à Paris. (in-8°, 240 × 155 de 82 p.). Saint-Pétersbourg, 1900. 39963

TURRETTINI (TH.). — *Ville de Genève. Services industriels. Usine de Chèvres. Notice historique et descriptive des travaux exécutés par la Ville de Genève de 1893 à 1899*, sous la direction de M. Th. Turrettini (in-4°, 325 × 250 de 122 p. avec XL pl.). Genève, Sécheron, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 39867

Physique.

POILLON (ED.). — *Grille à lames de persiennes système Ed. Poillon applicable aux foyers de tous les systèmes de chaudières et de fours pour brûler avantageusement tous les combustibles et même les poussiers et menus, anthraciteux, lignites, coke, sciure, escarbilles, schlammes, etc.* (in-8°, 235 × 150 de 8 p.). (Exposition universelle de 1900). Amiens, T. Jeunet, 1900 (Don de M. Ed. Poillon, M. de la S.). 39907

Routes.

SAINT-PAUL (B.). — *Cubature des terrasses et Mouvement des terres*, par Bertrand Saint-Paul (in-8°, 250 × 165 de 144 p. avec 62 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'Éditeur). 39896

Sciences mathématiques.

Congrès international de Mécanique appliquée tenu au Conservatoire des Arts et Métiers du 19 au 25 juillet 1900. Tome I. Rapports présentés au Congrès (in-4°, 320 × 225 de 546 p. avec nombreuses figures). Paris, V^e Ch. Dunod. 4002

VIERENDEEL (Prof.). — *Pont système Vierendeel.* Photographies du pont prises avant et après les essais exécutés à Tervueren en 1897 (3 phot. 600 × 475 ; 2 phot. 420 × 320 ; 2 phot. 790 × 690). Don de M. le professeur Vierendeel). 39928 à 39934

Sciences morales. Divers.

LEAU (L.). — *Une langue universelle est-elle possible? Exposé des moyens pour faire le choix et assurer le succès d'une langue scientifique, commerciale et universelle. Appel aux hommes de sciences et aux commerçants*, par L. Leau (Actualités scientifiques) (in-16, 190 × 140 de 13 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 39944

Technologie générale.

Association Française pour l'avancement des sciences. Compte rendu de la 28ᵉ session. Boulogne-sur-Mer, 1899. Seconde partie. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 150 de 1089 p. avec 5 pl.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1900. 40030

Atti del Real Istituto d'Incoraggiamento di Napoli. 4ᵗᵃ série. Volume IX, 1896 (in-4°, 320 × 230). *5ᵗᵃ série. Volume I, 1899* (in-4°, 320 × 230 et atlas 325 × 500 de 16 pl.). Napoli, Cooperativa Tipografica. 39948 à 39950

Bibliothèque de l'École Nationale supérieure des Mines. Catalogue (2 vol. in-8°, 240 × 155 de IX-678 p. et de 630 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1899, 1900 (Don du Ministère des Travaux publics). 39937 à 39938

Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille. Tables générales des vingt-cinq premiers volumes (1872-73-1897) (in-8° 255 × 165 de 84 p.). Marseille, siège de la Société, 1900. 39955

Indicateur général de l'Exposition universelle de 1900, par lettres alphabétiques, avec plans désignant l'emplacement des Palais, Monuments, etc. (broch. 255 × 105 de 64 p. avec 3 pl.). Paris, E. Bernard et Cⁱᵉ, 1900 (Don de l'éditeur). 39962

La Grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts, par une Société de savants et de gens de lettres. Tome vingt-septième. Poincaré-Rabbin (in-8, 321 × 210 de VIII-1200 p.). Paris, Société anonyme de la Grande Encyclopédie. 40029

LINCOLN HYDE (A.). — *The Inidikil System. A Decimal System of Weights and Measures, for the English Speaking People*, by A. Lincoln Hyde (in-8°, 230 × 150 de 13 p.). Cleveland, Ohio. U. S. A., 1900 (Don de l'auteur). 39870

North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Catalogue of the Library up to 1883 inclusive, by the Secretary (in-8°, 245 × 155 de VI-259 p.). Newcastle-upon-Tyne, 1886. 39960

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin n° 44, 1898 (in-8° 250 × 165 de 156 p.). *Bulletin n° 45, 1899* (in-8° 250 × 165 de 226 p.). Saint-Quentin, Ch. Poette, 1889, 1900. 39940 et 39941

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées, 1re Partie. Mémoires et Documents. 7e série. 10 année, 1900. 1er trimestre (in-8°, 225 × 140 de 477 p. avec 9 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900. 39897

Bechmann (G.). — *Renseignements généraux sur les eaux et l'assainissement de Paris* (Extrait du tome II de l'ouvrage : Salubrité urbaine, Distributions d'eau, Assainissement, par G. Bechmann) (in-8°, 235 × 155 de 32 p.). Paris, Ch. Béranger, 1900 (Don de l'auteur). 39964

Béton armé système Hennebique. Relevé des travaux exécutés pendant l'année 1899 et à l'Exposition universelle de 1900 (in-4°, 275 × 220 de 79 p. avec 35 fig.). Paris, Mounier, Jeanbin et Cie (Don de M. Hennebique, M. de la S.). 39866

Boubée (P.) — *La Coupole et les autres charpentes métalliques de la Galleria Umberto 1° à Naples, et le Grand Pont sur le Nil à Benha (Égypte), à double voie sur la ligne d'Alexandrie au Caire*, d'après les calculs et les plans dressés par Fr.-C.-Paul Boubée (album 345 × 430 de 14 photographies) (Don de M. P. Boubée, M. de la S.). 39909

Conseil d'Administration Municipale de la Concession française à Shanghaï. Projet d'une distribution d'eau. Fourniture de tuyaux et pièces en fonte pour le service projeté. Fourniture de robinetteries et d'appareils accessoires (2 broch. in-4°, 320 × 220 de 30 p. et de 2 p.). Shanghaï, Imprimerie de la Presse Orientale, 1900 (Don de M. J.-J. Chollot, M. de la S.). 39958 et 39959

Eiffel (G.). — *La Tour de trois cents mètres*, par G. Eiffel (Texte in-folio 550 × 380 de xiv-378 p. avec Appendice, et atlas même format de xlvii pl. et 13 épreuves en taille-douce et 1 carte des environs de Paris). Paris, Société des Imprimeries Lemercier, 1900. 39935 et 39936

Halbertsma (H.-P.-N.). — *Rapport in zake de Drinkwatervoorziening der Hoofdplaats Soerabaja (met 10 bizlagen). Uitgebracht aan Zijne Exc. den Minister van Koloniën, door*, H.-P.-N. Halbertsma (in-4°, 340 × 210 de 87-80 p. avec 5 pl.). 's-Gravenhage, Mouton et Co, 1898 (Don de M. Halbertsma, M. de la S.). 39884

Ministero dei Lavori Pubblici. Relazione sull' Andamento dei Servizi dal 1° luglio 1898 al 31 dicembre 1899 (in-4°, 315 × 235 de 302 p.). Roma, Tipografia dell' Unione cooperativa editrice, 1900. 39873

Voies et Moyens de Communication et de Transport.

Congrès international de l'Automobilisme du 19 au 16 juillet 1900. Rapports présentés au Congrès (17 broch. in-8°, 270 × 180). Paris, Ribierre et fils, 1900. 40011 à 40027

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres Sociétaires, MM.

J. Albert,	présenté par MM.	Canet, Lartigue, A. Mallet.
J.-A. Alberti,	—	A. Duprat, Festa, Spencer.
V. Amilhau,	—	de Nansouty, Guyenet, Flachat.
R.-Ch.-A. Armengaud,	—	Brüll, Badois, Mardelet.
E. Balliman,	—	Hegelbacher, Bour, Dutreux.
A. de Boischevalier,	—	E. de Boischevalier, Massalski, Fichet.
J.-G. Bousquet,	—	G. Dumont, de Nansouty, Da Cunha.
E.-Ch. Bruckmann,	—	Soreau, A. Mallet, Brunner.
R.-J. Chaligny,	—	Salomon, Pontzen, Chaligny.
E.-L. Collon,	—	Dumontant, Pot, Chagot.
H.-L.-A. Domage,	—	H. Biver, A. Biver, Delloye.
L. Duval,	—	Salomon, Chaligny, Stoeckel.
F. Elie dit Eliet,	—	Badois, Mesureur, A. Julien.
P. Galloti,	—	Dumont, Couvreux, Peigné.
H. Goldschmidt,	—	Lippmann, Deutsch, Baer.
A. Grosjean,	—	De Naeyer, Stein, Bergé.
V.-H.-L.-E.-L. Lange,	—	Davidsen, Villain, Sincholle.
E.-A. Lassance Cunha,	—	A. Duprat, Festa, Spencer.
G. Lenz,	—	Soreau, A. Mallet, Brunner.
P. Machavoine,	—	Jannettaz, de Blottefière, Marboutin.
R. Meyer,	—	Durœux, Gallais, Ch. Bourdon.
L. Perreau,	—	Echenoz, Flocon, Sincholle.
F. Prestreau,	—	Baignères, Burguion, Flaman.
C. Roggiapane,	—	Delano, Gauchot, Guichard.
J.-V. Ragot,	—	Canet, Alexis Godillot, Cornuault.
M. de Sviréline,	—	Canet, Dumont, Belelubsky.
G.-Ch. Vauthier,	—	A. Duprat, E. Festa, Spencer.
R.-A. Vian,	—	Commelin, Lacauchie, Aubry.
J.-M. Vidal,	—	Canet, Mesureur, Julien.

Comme Membre Associé, M.

M. Delastre, présenté par MM. Canet, Appert, Loreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1900

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 JUILLET 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 9 heures.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de M. Jules de la Morandiere.

Bien connu de tous, M. Morandiere était membre de la Société depuis 1864. Pendant vingt-sept ans il avait fait partie du Comité, d'abord comme secrétaire, puis comme membre, et ses conseils étaient toujours appréciés.

M. le Président ne veut pas rappeler ici la vie, toute de travail et bien remplie, de M. Morandiere au chemin de fer de l'Ouest dont il était Ingénieur des études du matériel et de la traction, mais une note nécrologique que notre Collègue Mallet veut bien se charger de rédiger, paraîtra dans nos Bulletins. M. le Président, au nom de la Société, adresse à la famille de notre regretté Collègue, l'expression de nos plus respectueux sentiments de condoléance.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que notre Collègue, M. J. Laffargue, Ingénieur-électricien, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur, il lui adresse toutes ses félicitations.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Parmi ces ouvrages, M. le Président signale plus spécialement un album de photographies qui nous a été adressé par notre Collègue

M. Boubée, et relatif à la galerie Umberto I à Naples et au pont sur le Nil à Benha (Égypte). M. le Président signale également une lettre de notre Collègue M. Roullet, relative à un appareil installé par lui au Lazaret de l'Ilôt de Camaran (Mer Rouge) pour la distillation de l'eau de mer.

M. le Président annonce que le *Congrès de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur* se tiendra à Paris les 16, 17 et 18 juin. Les Membres d'honneur de ce Congrès sont MM. Picard, Commissaire général de l'Exposition, Delaunay-Belleville, Directeur général, Carnot, membre de l'Institut et G. Canet, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Les documents et bulletins de souscription relatifs à ce Congrès seront déposés au Secrétariat.

M. le Président fait connaître que le premier *Congrès de l'Automobilisme* se tiendra à Paris à l'Automobile-Club de France, du 9 au 13 juillet.

M. le Président rappelle aux membres de la Société les circulaires du 25 juin ainsi que le programme rectifié des conférences qui figure à la fin du procès-verbal de la séance du 22 juin ; il les engage fortement à ne pas oublier de consulter ces documents qui renferment d'assez importantes modifications de dates, de lieux de rendez-vous et de sujets de conférences.

Il fait connaître que l'on s'occupe de l'organisation d'une visite au Palais des Illusions et au Village Suisse. Les détails se rapportant à cette visite seront portés en temps voulu à la connaissance des membres de la Société.

M. le Président dit que M. Schneider a bien voulu inviter la Société à venir passer une soirée à l'Exposition dans le pavillon de MM. Schneider et Cie du Creusot.

Le Comité a pensé qu'en vue de donner à cette séance l'importance qu'elle mérite et d'avoir un nombre de membres considérable, il était préférable de tenir dans ce local notre séance du 20 juillet prochain.

En conséquence, une circulaire va être adressée à tous les membres de la Société pour porter à leur connaissance les détails d'organisation de cette réunion dont l'ordre du jour peut être à présent fixé comme suit :

Ordre du jour de la séance du 20 juillet 1900
au Pavillon de MM. SCHNEIDER et Cie

Canons à tir rapide, de campagne, siège, place et bord, par M. G. Canet. (Projections et vues cinématographiques.)

Montage des ponts et charpentes (Pont Alexandre III, coupole Schneider), par M. Michel-Schmidt.

Perfectionnements récents apportés à la fabrication des blindages, par M. M.-L.-A. Delmas.

La Locomotive Thuile, par M. L. Prévost.

M. le Président rappelle que la deuxième série des réceptions des Ingénieurs étrangers vient de se terminer. Il ne retracera pas les différentes phases de ces réunions, mais il tient à transmettre à la Société l'assurance, qui lui a été donnée par les Délégués de toutes les Sociétés techniques étrangères, que tous emporteront et conserveront le souvenir le plus agréable de ces quelques jours pendant lesquels la cordialité la plus franche n'a cessé un instant de régner entre Ingénieurs de tant de pays différents.

M. le Président annonce que la Société a le plaisir d'avoir ce soir comme conférencier M. le Professeur Vierendeel, Ingénieur en chef du Service Technique de la Flandre occidentale (Belgique), qui est venu exposer devant la Société la théorie complète du système de pont qu'il préconise.

M. le Président rappelle que ce système n'est pas tout à fait inconnu pour la Société car nous avons pu en voir un spécimen lors de la visite à Tervueren en 1897 et M. Mallet, dans sa chronique du mois d'avril 1898, page 727, a donné la description de ces ponts.

M. le Président remercie M. Vierendeel d'avoir bien voulu venir parmi nous et lui donne la parole.

M. Vierendeel expose en quoi consiste son système en matière de construction de ponts et charpentes, de la façon suivante :

Le fer et l'acier laminé jouissent d'une faculté constructive spéciale, qui est la faculté de continuité que donnent les assemblages rivés, propriété en vertu de laquelle une ossature métallique, quels que soient son tracé et l'enchevêtrement de ses membrures, peut être exécutée et réalisée avec une parfaite solidarité entre toutes ses parties, solidarité qui est la même que si l'ossature était laminée d'une pièce ; cette propriété est précieuse et cependant, jusqu'ici, les Ingénieurs n'ont pas tiré tout le parti qu'elle comporte dans l'exécution des ossatures de pont : ainsi les Américains en font complète abstraction dans leurs types articulés, et quant aux Européens, ils n'utilisent la solidarité que donnent les assemblages rivés qu'avec une grande timidité ; ainsi, ils emploient les nœuds rigides et ils les calculent comme s'ils étaient articulés, ce qui est une inconséquence théorique.

En résumé, le type à treillis rigides présente deux grandes et fondamentales tares :

1° Son calcul est vicié dans ses bases car il repose sur des hypothèses qui sont le contrepied de la réalité ;

2° Son exécution est tout aussi vicieuse car elle ne peut se faire sans fatigues initiales de montage, fatigues qui présentent cette haute gravité qu'elles échappent à toute constatation directe ; elles peuvent atteindre des taux élevés sans se révéler en rien, d'où incertitude et insécurité.

Le calcul des ponts en treillis est d'ailleurs, en tous points, désavoué par l'expérience, car celle-ci indique que les fatigues réelles sont doubles et au delà de celles indiquées par le calcul ; l'expérience indique encore que la limite d'élasticité des ponts en treillis est atteinte beaucoup plus tôt que ne le ferait prévoir le calcul, elle est atteinte à une

fois et demie la surcharge d'épreuve, alors que d'après le calcul on pourrait aller à deux fois et demie et trois fois.

M. Vierendeel estime que lorsque les faits infligent de pareils désaveux à une théorie et à ses calculs, on peut dire que cette théorie et ces calculs ne valent pas le temps que l'on passe à les étudier.

Il est d'ailleurs certain que si les ponts en treillis tiennent, ce n'est pas grâce aux calculs, c'est grâce aux forts coefficients de sécurité qu'avec une grande prudence, les Ingénieurs appellent à leur secours pour corriger ce que ces calculs ont de fondamentalement défectueux.

Tous ces inconvénients proviennent de ce que les treillis rigides sont établis d'après le principe de la triangulation, principe qui n'a de valeur que pour le treillis articulé.

La troisième barre dans le treillis rigide est surabondante tout comme la quatrième dans le treillis articulé, et elle présente tous les inconvénients de la surabondance : c'est à cause de cette troisième barre, la diagonale, que le calcul exact n'est pas possible, et que le montage dans de bonnes conditions est tout aussi impossible.

C'est pourquoi M. Vierendeel abandonne cette troisième barre et alors disparaissent tous les inconvénients d'ordre théorique et constructif signalés ci-dessus : le calcul devient exact et le montage rigoureux devient possible, enfin, l'économie n'est pas sacrifiée.

M. Vierendeel donne certains détails sur l'expérience de Tervueren, dans laquelle un pont de son système a été soumis à toute la série des épreuves jusqu'à la rupture.

Il expose également en quelques mots la méthode de calcul du nouveau type de ponts.

Il recherche enfin quelle charge de sécurité on peut prendre et introduire dans les formules du nouveau type de pont.

La réponse découle de trois faits :

1° A Tervueren le pont en fer a fatigué à environ 7,5 *kg* pendant deux mois sans donner le moindre signe de faiblesse et sans rien perdre de son élasticité ni de sa faculté de résistance.

2° L'expérience de Tervueren a montré que les fatigues du calcul sont celles qui réellement se produisent.

3° Il est acquis que les ponts en treillis travaillent couramment au double de leur fatigue de calcul.

Combinant ces trois faits et restant dans les limites d'une grande prudence, M. Vierendeel estime que la fatigue de sécurité à admettre dans les formules du nouveau type de pont peut dépasser de 50 0/0 la fatigue admise dans les formules du type en treillis ; c'est là un premier facteur d'économie.

Un second facteur est fourni par l'absence de la diagonale dont on économise toute la matière.

Un troisième résulte de ce que les montants, n'étant pas soumis à la compression directe, sont soustraits à toute éventualité de flambage et n'exigent pas le supplément de matière requis pour résister à cette éventualité.

Des métrés comparatifs ont révélé que, à égalité de sécurité, il y a

pour le nouveau système une économie de 15 à 25 0/0 sur celui en treillis, selon l'importance et la destination des ponts.

Enfin, à égalité de poids et de coût, on trouve que, dans le nouveau système, la limite d'élasticité est atteinte à environ deux fois et demie la surcharge d'épreuve et dans celui en treillis à une fois et demie; donc, en faveur du nouveau système un supplément de sécurité de 66 0/0.

En résumé, M. Vierendeel revendique pour le nouveau système les avantages suivants :

1° Un avantage d'ordre théorique : — calcul exact, dont les résultats sont confirmés par l'expérience.

2° Un avantage d'ordre technique : — les longerons sont plus robustes, mieux reliés dans toutes leurs parties, moins sensibles aux effets dynamiques, moins sujets aux dislocations que ceux en treillis, plus durables enfin.

3° Un avantage d'ordre commercial : — économie à égalité de sécurité, ou plus grande sécurité à égalité de coût.

M. le Président exprime à M. Virendeel les remerciements de la Société pour les paroles aimables qu'il a prononcées à l'adresse des Ingénieurs français. Il est heureux de le féliciter sur le travail présenté ce soir, qui expose des idées vraiment intéressantes et personnelles avec un talent d'orateur des plus remarquables.

M. P. Bodin demande à répondre à diverses opinions exprimées au cours de la communication.

Il ne pense pas avec M. Virendeel qu'au montage le réglage des pièces de pont soit bien plus facile avec le système nouveau qu'avec le système à barres obliques. Lorsqu'on monte un tablier métallique on place d'abord la bride inférieure, puis les montants; on règle la position de ces montants, puis on place la bride supérieure. On se sert pour ce travail de broches pour faire coïncider les trous, on maintient avec quelques boulons avant de passer au rivetage. Or, si le pont est bien fait, les trous doivent coïncider et l'on ne doit développer aucun effort supplémentaire en brochant.

Est-ce que dans les ponts Virendeel on n'aura pas exactement les mêmes difficultés et même n'aura-t-on pas de plus grandes difficultés, puisque aucune pièce oblique n'est là pour régler les montants ? Cette direction n'est obtenue que par les goussets des montants verticaux, qui, au montage, demanderont l'emploi de broches qui exerceront parfois des efforts très considérables.

Il est assez intéressant de constater que, depuis quelques années, les efforts secondaires qui se développent dans les ponts, ont pris, pour certains Ingénieurs, une importance excessive, importance de laquelle on ne s'est douté que du jour où on a fait des essais; ces essais semblent indiquer que la grande majorité des ponts en treillis travaillent énormément et même doivent tomber sous la surcharge. Il ne faut pas oublier que, pour tenir compte de ces efforts secondaires, on a le soin de se donner, dans les calculs, des coefficients de travail qui laissent une certaine marge. En outre, quoique le calcul soit fait en supposant de simples articulations, celui qui sait construire tient toujours compte

des efforts secondaires en étudiant les détails des attaches des barres de treillis aux âmes. Il faut ramasser ces attaches et les prolonger sur les âmes partielles. Il ne faut pas, comme dans certains ponts, placer des obliques de grande largeur dans le plan de l'âme et venir mettre, de chaque côté, un plat pour servir de couvre-joint; l'attache ainsi faite est mauvaise et la rivure ne résiste pas aux efforts secondaires qui se développent. Ce sont de mauvaises attaches qu'il faut condamner, et un pont ainsi étudié doit subir des déformations permanentes plus considérables que celles qui se développent dans d'autres ponts où l'on aura composé le treillis avec des barres étroites prolongées sur l'âme, de façon à mettre la rivure sur une seule ligne. Ces dernières attaches pourront résister sans inconvénient aux efforts secondaires qui se produisent, efforts auxquels on ne peut pas se soustraire.

M. Bodin fait remarquer à M. Virendeel que, même dans son pont, il doit se développer des efforts secondaires, par le brochage, car il ne semble pas possible, pour celui qui a l'habitude des pièces de tôlerie de fabriquer assez exactement les pièces pour qu'en mettant les montants à leur place, ils s'encastrent, en donnant la direction voulue, sans qu'il se produise des réactions entre ces montants.

Depuis quelques années, on cherche à diminuer les efforts secondaires, et on a raison. Le moyen indiqué tout à l'heure peut être employé et dans le même ordre d'idées on a, tout dernièrement, fait usage de barres renflées au milieu et diminuées aux attaches. Pour résister aux efforts secondaires, quelques Ingénieurs ont voulu renforcer les attaches des barres plutôt que leur milieu; ce système ne semble pas à recommander. M. Mesnager a cherché à faire un assemblage flexible; sans vouloir préjuger l'avenir réservé pratiquement à ce système, il est certain que les efforts secondaires y sont presque complètement supprimés. Enfin, il ne faut pas croire que, dans les ponts américains articulés, il n'existe pas d'efforts secondaires. Ainsi, vers le milieu des ponts les barres de treillis sont relativement faibles et les axes sont plus gros parce qu'il peut s'y développer des efforts secondaires importants.

M. Bodin émet l'avis que, pour reporter sur une bride un effort agissant sur un montant, il vaut mieux employer un montant avec une oblique, qu'un simple montant encastré dans la bride. En effet, si on considère une poutre munie de montants et qu'on coupe cette poutre par un axe longitudinal au milieu de sa hauteur, un montant quelconque M est soumis à un certain effort F qu'il faut reporter à la bride supérieure.

Il y a pour cela deux moyens : ou bien encastrer le montant dans la bride supérieure, alors l'effort F développera un moment de flexion dans le montant ainsi que dans la bride, ou bien mettre une jambe de force N; dans ce dernier cas, au lieu d'avoir une attache réduite, on aura, en somme, constitué une attache d'une hauteur plus considérable, qui sera d'autant meilleure que le moment développé dans la bride sera plus faible; c'est ce que l'on a l'habitude de faire et ce second moyen paraît préférable. Dans le système proposé pour effectuer la réalisation de l'encastrement, on s'est servi d'une cornière, sorte de bride, qui borde tout le montant et vient se relier à la semelle. Cette cornière n'est pas bien attachée, parce qu'on ne peut y placer des rivets suffisamment rappro-

chés pour résister aux changements de direction de l'effort qui est transmis par elle.

Il n'est pas douteux que si la fatigue du métal de la cornière se rapproche de la limite permise, l'effort total sur la cornière, sera très considérable; cet effort doit être dirigé normalement à sa section, par conséquent il doit changer de direction, et ce changement ne pourra s'effectuer que par les réactions des rivets d'attache. On aura donc des efforts qui viendront se développer sur ces rivets; d'où il résulte que, malgré le rapprochement de la rivure, la construction présente là un point délicat. Il n'y a donc rien d'étonnant de constater, dans l'exemple qui a été présenté à la Société, que la rupture se soit faite sur ce point

M. F. Chaudy, sans critiquer le calcul de M. Vierendeel, qu'il trouve très bien fait et présenté, ainsi qu'on devait s'y attendre étant donnée la personnalité de l'auteur, ajoute que si, en Belgique, on a pu dire que le système de poutre à arcades était défectueux au point de ne pouvoir tenir; par contre, à la Société des Ingénieurs Civils de France, il ne se trouvera aucun membre pour partager cette opinion. La poutre à arcades est parfaitement résistante, au même degré que la poutre à treillis, mais il y a lieu de discuter sur l'économie comparative de ces deux systèmes.

Dans le système à treillis, les éléments de la poutre ont surtout à résister à des efforts longitudinaux de traction ou de compression; les efforts de flexion sont secondaires, c'est-à-dire n'ont qu'une importance relativement faible ; ces efforts de flexion sont surtout faibles pour les poutres dont les mailles n'ont pas des ouvertures exagérées. C'est pour cela que le treillis en N ne convient bien qu'aux poutres d'une certaine hauteur et qu'il faut adopter le treillis à croix de Saint-André pour les poutres plus hautes, puis le treillis plus serré encore si la hauteur augmente.

Dans le système à arcades, au contraire, les éléments de la poutre ont surtout à résister à des efforts de flexion, et M. Vierendeel pense que la flexion est la même dans les deux systèmes. C'est là le nœud de la question ; l'effort qui tend à produire la flexion est bien le même dans les deux cas, mais l'*effet* de cet effort est bien différent. Dans le premier cas, l'effort produit surtout une compression longitudinale dans le montant vertical et une traction longitudinale dans la diagonale. La flexion est faible, c'est-à-dire que la fatigue secondaire est faible, parce que l'empattement de l'ensemble constitué par le montant et la diagonale est grand. Dans le deuxième cas, au contraire, l'effort ne donne lieu qu'à de la flexion. L'empattement du montant étant relativement faible par rapport à l'empattement du premier cas, cette flexion est importante.

Ainsi, M. Chaudy soutient cette thèse que dans la poutre à treillis les efforts de tension directe sont des efforts *principaux* alors que les efforts de flexion sont *secondaires*, si le treillis n'a pas des mailles d'ouverture exagérée. Au contraire, dans le système à arcades, ce sont les efforts de flexion qui sont *principaux* et les efforts de tension directe ne sont que *secondaires*. M. Vierendeel accorde donc la préférence au travail de flexion tandis que les Ingénieurs qui construisent des poutres à treillis

accordent la préférence au travail de tension directe. Or, la matière est toujours mieux utilisée quand on la fait travailler à la compression ou à la traction directe que lorsqu'on la fait travailler à la flexion puisque, dans ce dernier cas, les fibres de métal travaillent d'autant moins qu'elles sont plus voisines de la fibre neutre, alors que, dans le premier cas, toutes les fibres travaillent également. Il apparait donc que le système le plus économique est le système à treillis employé sans avoir de mailles d'ouvertures exagérées.

M. Chaudy ajoute également quelques indications au sujet des ouvertures des mailles : les expériences faites sur les diagonales ont montré que les efforts de flexion étaient souvent doubles et quelquefois triples des efforts de traction directe. M. Chaudy ne le conteste pas pour les grandes poutres composées avec de simples diagonales parce que, justement, les mailles du système ont des ouvertures exagérées et qu'il en résulte un flambage du montant comprimé. Mais si les poutres à treillis sont construites avec des mailles dont les ouvertures ne sont pas trop grandes, incontestablement les efforts de flexion dans le treillis sont secondaires. Dans une semblable poutre, les montants verticaux ne s'infléchissent plus, exactement comme dans une poutre à âme pleine. Quant aux barres de treillis, elles s'incurvent en arc de cercle et cette incurvation est d'autant plus grande que le moment fléchissant agissant sur la poutre, dans la région où on considère les barres de treillis, est lui-même plus grand.

Des expériences faites avec l'appareil Manet, sur des poutres de pont de chemin de fer construites en treillis plutôt serré que trop large, ont montré à M. Chaudy qu'il en était ainsi. Les formules qu'il a établies et développées devant la Société en 1895, sont d'accord avec l'expérience pour le cas de treillis dont les mailles n'ont pas des ouvertures exagérées.

A tout ce qui précède, il faudrait encore ajouter la question de la main-d'œuvre qui parait devoir être plus grande dans le système Vierendeel que dans le système à treillis.

M. Chaudy fait remarquer aussi que dans le cas où les entretoises du pont Vierendeel seront placées à la partie inférieure des poutres au lieu de l'être à la partie supérieure comme dans le pont de Tervueren, le montant ne sera pas placé dans d'aussi bonnes conditions de résistance que le montant d'un pont à treillis. Pour arriver aux mêmes conditions de résistance, il faudra nerver suivant son axe l'âme du montant.

Il ne faudrait pas conclure, après toutes les observations précédentes, que M. Chaudy rejetterait toujours le système à arcades. Le côté économique n'est pas, en effet, le seul à examiner, toute question de résistance à part, dans une construction métallique. Il y a aussi le côté architectural et, dans certaines circonstances, notamment dans la traversée des villes, on pourra être appelé à utiliser le système étudié par M. Vierendeel, système dont les lignes s'harmoniseront mieux avec les lignes des bâtiments d'habitation ou autres que celles du système à treillis.

En terminant, M. Chaudy signale qu'en recherchant certains ouvrages dans les archives de la Compagnie des chemins de fer du Nord, il lui est passé sous les yeux le dessin de deux ponts à arcades existant en

France depuis plus de quarante ans. Ces deux ponts sont situés sur la grande ligne de Paris à Boulogne-sur-Mer, au-dessus de la Somme, à Abbeville. L'un d'eux est un pont tournant de 27,60 *m* d'ouverture, à deux travées égales ; l'autre, voisin du premier, est un pont fixe de 10 *m* d'ouverture. Chacun des quatre rails de la ligne se trouve supporté par une poutre. Les montants verticaux existent seuls et sont rivés sur les membrures d'une façon suffisante pour permettre la résistance de ces rivets, par cisaillement, au moment fléchissant qui agit à chaque extrémité d'un même montant.

C'est exactement le principe que M. Vierendeel a développé. Il n'y a ici que des plats pour constituer les montants parce que la poutre n'a pas une grande portée et ne subit pas, par conséquent, des efforts considérables. Il est bien évident que pour des poutres plus hautes le montant en double T avec cornières et plates-bandes, indiqué par M. Vierendeel, s'impose. Il n'en est pas moins vrai, si peu importants que soient les ponts d'Abbeville, que ces ponts sont constitués avec des poutres à arcades. Il est à noter que ces ponts ont donné satisfaction aux Ingénieurs de la Compagnie du Nord autant que les ponts à treillis. Cependant l'expérience n'a pas été renouvelée, ce qui semble indiquer que pour les ponts de plus grande ouverture on a préféré le système des poutres à treillis à cause de son économie à égalité de résistance.

M. A. Marsaux fait observer que généralement les constructeurs français suivent sur les chantiers de montage la marche indiquée par M. Bodin pour l'assemblage des éléments des poutres en acier, à savoir :

D'abord, assemblage entre eux des tronçons de membrures inférieurs ;

Puis montage et assemblage sur ces membrures des montants verticaux et des diagonales ;

Et en dernier lieu, montage et assemblage des tronçons des membrures supérieures.

Tous les éléments ont été complètement percés aux ateliers, y compris les diagonales, et généralement on ne réserve pas le perçage d'une extrémité de ces diagonales pour être fait sur le chantier à la demande du montage ; ce perçage est fait d'avance.

Cela tient à ce que chaque poutre a été préalablement montée à plat aux ateliers suivant le profil qu'elle doit avoir sur le chantier, et que c'est à ce moment seulement que les trous d'assemblage des montants et diagonales sur les membrures ont été alésés, tous les éléments occupant respectivement leur position définitive.

Il en résulte que sur le chantier, il est impossible de faire occuper par un élément quelconque une position ou direction différente de celle qui lui est assignée, et de monter la poutre suivant un profil différent de celui de l'exécution.

Dans ces conditions, le montage se réalise sans l'action du brochage qui est généralement interdit par les cahiers des charges.

Cette marche semble préférable à celle signalée par M. le Professeur Vierendeel, et dans laquelle les diagonales sont ajustées et percées seulement sur place à leur extrémité inférieure. Il peut résulter de cette

marche certaines irrégularités dans le montage de la poutre, qui ne réalise plus alors exactement le profil suivant lequel elle a été calculée et exécutée aux ateliers.

M. Marsaux reconnait d'ailleurs qu'en appliquant la même méthode de travail aux ateliers, avec alésage des trous d'assemblage des différents éléments entre eux lors du montage à plat de la poutre du système de M. Vierendeel, le montage au chantier se fera dans les mêmes conditions de facilité et d'exactitude que pour une poutre à diagonales.

M. M. Duplaix est d'accord avec M. Vierendeel quand il dit que, dans les ponts en treillis, il existe des fatigues supplémentaires provenant de ce qu'il est difficile de bien ajuster les barres diagonales ; ce défaut n'existe que dans les ponts à très petites mailles, où les treillis sont constitués par des fers plats. On n'emploie plus ce système, mais c'est le seul auquel l'observation de M. Vierendeel puisse s'appliquer. Pour les autres systèmes de ponts, on a une autre garantie : c'est le montage à blanc dans les ateliers.

Il ne partage pas l'avis de M. le professeur Vierendeel d'après lequel le jeu que l'on constate dans les assemblages des poutres en treillis, après un certain temps de service, serait un défaut spécial à ces poutres. Le défaut signalé est inhérent à la rivure elle-même, et l'on peut se demander pourquoi le système de M. Vierendeel en serait affranchi, puisque, dans ce système, la rigidité des assemblages doit suppléer à l'absence de la diagonale et qu'en conséquence, la rivure n'est pas soumise à des efforts moindres que dans les poutres en treillis.

Il est utile de faire remarquer également que les poutres sans diagonales ne paraissent pas pouvoir se monter sans échafaudages, que la mise en place par lançage ne semble pas leur être applicable, à moins de prendre des précautions spéciales qui rendraient certainement l'opération très onéreuse.

Il semble aussi que les poutres de M. Vierendeel doivent être plus déformables que les poutres en treillis.

M. Vierendeel a signalé que, au pont de Avelghem, qui a 42 *m* d'ouverture, les flèches calculées étaient de 0,065 *m*, ce qui donne 1/650 de rapport de la flèche à l'ouverture. On n'a jamais de rapport aussi fort ; pour les ponts en treillis, la flèche y est moitié moindre que pour les ponts sans diagonales.

M. Duplaix estime donc que ce nouveau type de pont ne peut s'appliquer à des ponts de chemins de fer où il faut considérer les chocs, où les déformations statiques sont une indication au point de vue de la résistance aux chocs.

M. Vierendeel répondant aux observations présentées, fait observer que, dans le pont en treillis, il y a les mêmes flexions que dans le nouveau type de pont, avec cette différence fondamentale que le pont en treillis n'étant pas organisé pour résister à ces flexions, il en résulte dans ses membrures et ses assemblages les fatigues excessives que dévoile l'expérience.

Ainsi M. Bodin a fait remarquer que, dans le type sans diagonale, les rivets des arcades qui relient les montants aux brides fatiguaient à

des taux considérables du chef des efforts qu'ils ont à faire pour transmettre les forces des montants aux brides et *vice-versa* ; que ces efforts et fatigues existent, cela est indubitable, mais l'expérience de Tervueren a prouvé qu'ils n'ont rien d'excessif puisque la limite d'élasticité ne s'est pas produite prématurément ; mais ces efforts existent aussi dans les ponts en treillis et là, il n'y a ni cornières, ni plats formant arcades pour les équilibrer et permettre leur passage des montants aux brides ; là ces efforts se reportent entièrement sur les rivets des nœuds et sont cause des dislocations que, maintes fois déjà, on a constaté dans les ponts en treillis ; il en résulte que les barres étroites, barres dont le moment résistant est faible, subiront, sous l'effet des moments fléchissants secondaires, des fatigues plus élevées que les barres larges.

Au surplus il est à noter que tous les ingénieurs défenseurs des treillis rigides recourent à des raisonnements qui ne sont valables que pour les treillis articulés ; or, entre le treillis rigide et le treillis articulé, il n'y a aucune assimilation possible ; ce sont deux genres de constructions qui se ressemblent physiquement, mais qui n'ont que cette ressemblance, car, en ce qui concerne leur mode de résistance, il y a différence complète et absolue.

Répondant à M. Chaudy, M. Vierendeel dit qu'il serait de son avis si le treillis était articulé ; il ne l'est pas parce que le treillis est rigide ; en effet, dans celui-ci il y a les flexions secondaires dues aux moments fléchissants et efforts tranchants, flexions qui contournent les barres en S, flexions qui imposent de faibles fatigues de sécurité et font disparaître toute l'économie du système. Pour échapper aux flexions secondaires du treillis rigide, M. Chaudy préconise le treillis à croisillon et le treillis multiple, c'est-à-dire des genres de treillis où aucun calcul n'est plus possible ; et il est à noter que M. Chaudy n'est pas seul de son avis, il est en très bonne compagnie, puisque M. l'Inspecteur général Dupuy a exactement exprimé la même idée dans son mémoire sur le pont de Cosne. Voilà qui prouve bien le désarroi qui aujourd'hui règne dans les idées à propos des treillis rigides ; voilà des ingénieurs de haute valeur scientifique qui vont jusqu'à préconiser des types de treillis radicalement incalculables, des types de treillis où le calcul est remplacé par l'empirisme ; types de treillis qui, d'ailleurs, d'après les expériences hollandaises, n'améliorent nullement la situation en ce qui concerne les efforts secondaires, c'est-à-dire que les fatigues secondaires sont tout aussi grandes dans ces types que dans le type triangulé du premier ordre et ces fatigues secondaires sont plus élevées que les fatigues principales, contrairement à ce que croit M. Chaudy : ainsi, si la fatigue principale est de 6 *kg*, on trouvera une fatigue secondaire de 6 *kg* à 8 *kg*, ce qui fera une fatigue totale de 12 à 14 *kg* ; voilà ce que dit l'expérience, et devant ces faits il faut s'incliner.

M. Vierendeel, en réponse à une observation de M. Bodin, dit que c'est à tort que celui-ci semble croire que les cornières d'acier ne se prêtent pas au cintrage dans de bonnes conditions. L'acier se prête sans inconvénient à toutes les opérations douces, et tel est le cintrage ; le cintrage ne dénature pas plus l'acier des cornières que le laminage ne l'a dénaturé ; le pont de Tervueren avait ses cornières cintrées en acier et

celles-ci se sont parfaitement comportées, comme le prouvent les détails de l'expérience. On avait, du reste, choisi l'acier parce qu'il se cintre plus aisément que le fer.

Il y avait donc, dans ce pont, deux espèces de cornières : les cornières en acier cintrées et les cornières en fer pour les parties droites; et malgré la non conformité de ces deux métaux, ce qui est une circonstance défavorable pour la stabilité du pont, l'expérience s'est déroulée dans des conditions parfaitement normales : les flèches et les fatigues ont été celles du calcul et la limite d'élasticité ne s'est pas produite prématurément ; de tout quoi il résulte que le cintrage des cornières ne constitue nullement un inconvénient pour l'acier.

M. Bodin trouve que le montage du type sans diagonale est tout aussi difficile que celui du type avec diagonale ; ce serait une question à résoudre sur un chantier de montage, mais il est impossible de concevoir que monter deux genres de pièces, brides et montants, soit aussi difficile que monter trois genres de pièces, savoir : brides, montants et diagonales.

M. Duplaix estime, continue M. Vierendeel, que dans le nouveau type de pont les dislocations aux nœuds se produiront aussi vite que dans les nœuds du pont en treillis : en ce disant, il perd de vue que les assemblages du nouveau type ne sont pas aux nœuds, ils sont au milieu des barres, là où les moments secondaires sont nuls, tandis que dans les ponts en treillis les assemblages sont aux nœuds, là où les moments secondaires de dislocations sont maxima. C'est pourquoi M. Vierendeel estime que dans le nouveau type de pont il n'y a à craindre aucune dislocation (1).

Contrairement à ce que croit M. Duplaix, M. Vierendeel estime que le lançage peut se pratiquer plus aisément avec le nouveau type qu'avec le type en treillis, car ses brides sont en double T, donc beaucoup plus résistantes que celles en simple T des ponts en treillis, beaucoup moins exposées à céder au passage des galets de lançage ; de plus, si des étançons en bois de renforcement provisoire sont nécessaires, ils peuvent s'établir plus aisément et plus solidement dans les panneaux du nouveau type de pont que dans les panneaux du type en treillis.

M. le Président remercie M. Vierendeel et les personnes qui ont pris part à la discussion de l'importante question des ponts métalliques ; il se félicite, pour la Société, des précieuses indications apportées de part et d'autre.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J.-A. Alberti, V. Amilhau, R.-Ch.-A. Armengaud, E. Balliman, A. de Boischevallier, J. Bousquet, E. Bruckmann, R. Chaligny, E. Collon, H. Domage, L. Duval, P. Gallotti, H. Goldschmidt, Grosjean, V. Lange, E. Lassance-Cunha, G. Lenz, P. Macha-

(1) Sur cette question très importante, voir l'ouvrage de M. Vierendeel : *Longerons en treillis et longerons à arcades*, chap. VI, § 2, p. 71, 72 et 73 et chap. IX, p. 90 et 91.

voine, R. Meyer, J. Ragot, M. de Svireline, G. Vauthier, J. Vidal, comme Membres Sociétaires, et de :

M. R. Vian, comme Membre Associé.

MM. J. Albert, Elie dit Eliet, L. Perreau, Prestreau, C. Roggiapane, sont reçus Membres Sociétaires, et

M. M. Delastre, Membre Associé.

La séance est levée à minuit.

Le Secrétaire,
Lucien Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 JUILLET 1900

Tenue au Pavillon de MM. SCHNEIDER et Cie, à l'Exposition

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à neuf heures.

M. le Président dit qu'il a tout d'abord l'agréable devoir d'adresser, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, de bien vifs et bien sincères remerciements à M. Schneider, notre Collègue, qui a eu la gracieuseté de mettre ce soir son pavillon à notre disposition en nous y donnant la plus large hospitalité *(Applaudissements)*.

Le nombre considérable de Membres qui ont répondu à cet appel prouve que le Comité a été bien inspiré en acceptant l'aimable invitation de M. Schneider.

M. le Président regrette vivement l'absence de M. Schneider, qui se trouve retenu au Creusot.

M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire pour faire part de deux lettres adressées par nos Collègues MM. A. Maurel et R. Soreau ; — celle de M. Maurel est relative à la communication faite par M. Vierendeel à la dernière séance sur les poutres de son système ; — celle de M. Soreau est relative au mémoire de M. Duroy de Bruignac sur la résistance des carènes, paru dans le *Bulletin* de juin, deuxième quinzaine.

M. A. Maurel fait observer dans sa lettre, accompagnée de tableaux à l'appui, que, dans une poutre à treillis simple bien exécutée, la concordance entre les efforts calculés et les efforts mesurés dans le milieu des barres est aussi exacte que la détermination des surcharges elles-mêmes. Il montre que les efforts secondaires sont de natures très différentes, que les uns accroissent très rapidement le danger de rupture, tandis que les autres diminuent quand l'effort augmente. L'importance

de ceux-ci est, par suite, beaucoup moindre; les efforts dûs à la rigidité des attaches rentrent dans la deuxième catégorie.

En ce qui concerne la flèche, M. Maurel ne connaît pas d'exemple de poutres bien exécutées ayant donné des flèches supérieures à celles prévues par le calcul quand celui-ci était fait convenablement; de même les poutres en treillis peuvent supporter presque indéfiniment la charge pour laquelle elles sont calculées et cela sans augmentation de flèche.

M. Maurel ne croit pas que M. Vierendeel puisse prétendre à un calcul assez rigoureux pour avoir le droit d'augmenter notablement le taux de travail des poutres principales. Car, d'un côté, il néglige aussi les efforts secondaires produits par la rigidité des attaches d'entretoises, par les variations inégales de température, etc., et d'un autre, son calcul repose, comme tout calcul basé sur les déformations élastiques, sur l'exactitude de la loi de proportionnalité. Or l'on sait que cette loi n'est pas rigoureuse et qu'elle n'est plus exacte au-dessus de la limite d'élasticité.

M. Maurel termine en disant qu'il a simplement voulu défendre la poutre à treillis et en reconnaissant que le nouveau système d'arcades offre aux architectes des solutions très heureuses.

La lettre de M. R. Soreau est la suivante :

« Paris, le 18 juillet 1900.

» Monsieur le Président,

» Je lis dans le Bulletin de juin, deuxième quinzaine, un mémoire de » M. Duroy de Bruignac sur la résistance des carènes.

» Si ce mémoire avait été analysé oralement à l'une de nos séances, » je vous aurais demandé à présenter quelques observations. Afin de » ne pas charger le procès-verbal d'une lettre trop longue, je les réserve » pour la séance où je compte exposer, avec les expériences que j'ai faites » dans le but de contrôler et de généraliser les lois de Joëssel, mes vues » personnelles sur cette délicate question du mouvement des fluides, qui » intéresse non seulement l'architecture navale, mais encore la balis- » tique extérieure et nombre d'autres sciences d'application.

» Je dois néanmoins signaler une erreur. Notre Collègue trouve » inexact (note de la page 664) mon graphique des valeurs $\frac{N_i}{N_{90}}$, où N_i est » la pression normale sur un plan incliné de l'angle i par rapport au » courant; il s'étonne que toutes les courbes, parties du même point » $i = 0°$, aboutissent au même point $i = 90°$. C'est là une simple inad- » vertance : M. de Bruignac a cru qu'il s'agissait de pressions, alors qu'il » s'agit d'un rapport de pressions; or il est bien clair qu'on a toujours » $\frac{N_i}{N_{90}} = 1$ pour $i = 90°$, que l'on représente des résultats d'observations » ou une loi théorique.

» Je me fais du reste un plaisir de remercier notre Collègue d'avoir » bien voulu citer mes expériences d'Argenteuil avec une courtoisie dont » je lui sais d'autant plus gré que, dans nos discussions devant la So- » ciété, nous avons été le plus souvent en désaccord.

» Veuillez agréer, etc. » Signé : R. Soreau. »

M. Duroy de Bruignac dit qu'il réserve ses observations pour la communication que M. Soreau annonce.

Après ces observations, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Félix Simons, ancien Élève de l'École Polytechnique fédérale Suisse, Membre de la Société depuis 1892 ; fabricant de carrelage mosaïque ; Maire de Saint-Bénin et ancien conseiller général ;

M. Jacques Ellissen, ancien Élève de l'École Centrale (1898), Membre de la Société depuis 1900; M. Jacques Ellissen vient de trouver la mort dans des circonstances particulièrement tragiques ;

M. A. Drion, ancien Élève de l'École Centrale (1875), Membre de la Société depuis 1898; Président de la Société anonyme des Verreries et Manufactures de glaces d'Aniche;

M. A. Villomer, ancien Élève de l'École Polytechnique (1870), membre de la Société depuis 1877; Ingénieur à la C[ie] du Nord de l'Espagne; Administrateur général de la Compagnie Générale des tabacs des Philippines; membre correspondant de la Société, à Manille ;

M. le Président est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société tout entière en adressant aux familles de ces regrettés Collègues l'expression de notre profonde sympathie *(Approbations unanimes)*.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

M. Clémançon a été nommé Chevalier de la Légion d'honneur ;

MM. L. Bodard et A. Ollivier ont été nommés Chevaliers du Mérite agricole.

M. le Président dit que le 13 juin dernier, M. le Ministre des Travaux Publics a nommé une commission pour l'évaluation du matériel roulant, du mobilier et de l'outillage des réseaux de l'Ouest, de l'Orléans et du Midi, en vue du rachat éventuel de ces réseaux par l'Etat (Proposition Bourrat). Cette commission, dont le Président est M. Lax, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, est composée des Directeurs, des Ingénieurs en chef du Contrôle des trois réseaux, et de trois membres pris en dehors de l'Administration.

Ces trois Membres sont M. A.-E. Millet, ancien Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction du Midi, M. L. Rey et M. R. Seguela, tous trois Membres de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance et signale plus spécialement le don qui a été fait par notre ancien Président, M. Eiffel, de son magnifique ouvrage (texte et album) sur la Tour de 300 mètres; cet ouvrage, qui a une très grande valeur technique et artistique est un des premiers qui aient été imprimés;

M. le Président signale également le don fait à la Bibliothèque du premier des rapports présentés au Congrès de mécanique appliquée.

M. le Président rappelle que, suivant l'usage, les Bureaux et la Bi-

bliothèque seront ouverts pendant les vacances de 9 heures à midi et de 1 heure 1/ 2 à 5 heures.

M. le Président communique les avis suivants :

1° L'École spéciale d'Architecture nous a adressé le programme d'un concours ouvert par elle pour l'obtention du certificat d'architecte salubriste ;

2° Le 4e Congrès des chambres syndicales industrielles et commerciales de France et des chambres de commerce à l'Étranger se réunira au Conservatoire des Arts et Métiers, du 17 au 22 septembre 1900 ;

3° L'Association française pour l'avancement des sciences tiendra son 29e Congrès à Paris, du 2 au 9 août prochain ;

4° L'Office national du commerce extérieur nous a adressé copie d'une demande qui lui a été envoyée par le Consul Général de la République Sud-Africaine à Paris; cette demande est relative à des projets pour la construction et l'installation d'une fabrique d'huiles, actionnée par une force motrice électrique, à établir à Prétoria ;

5° Nous avons reçu du Conseil d'administration municipale de la concession française à Shangaï les devis et cahier des charges pour le projet de distribution d'eau ;

6° Enfin, la Compagnie générale de constructions électriques dont les administrateurs délégués sont nos Collègues MM. Filleul-Brohy et E. Vedovelli nous informe que les sous-sols du château-d'eau du Champ-de-Mars seront accessibles gratuitement aux Membres de la Société des Ingénieurs Civils, tous les jours de 10 h. du matin à 10 h. du soir, sur présentation de leur carte de Membre de la Société ;

Les documents se rapportant à ces avis divers sont déposés au Secrétariat.

M. le Président rappelle que la première série des conférences-visites se termine le 31 courant.

En août et septembre ces conférences seront suspendues.

Mais, pour le mois d'octobre l'organisation d'une seconde série de conférences est déjà commencée.

Les différents sujets qu'on a proposé de traiter dans ces conférences sont :

Les chemins de fer, les locomotives étrangères, les moteurs autres que les moteurs à vapeur, les automobiles et tramways, les grands paquebots, les navires de guerre étrangers, les artilleries française et étrangères, les mines, la sidérurgie, les métaux autres que le fer, la céramique, la verrerie.

Une circulaire spéciale sera adressée aux Membres de la Société quand ces conférences auront été définitivement organisées.

L'ordre du jour appelle la communication de M. G. Canet sur l'*Artillerie à tir rapide*.

M. G. Canet commence par rappeler les chiffres relatifs au canon de 47 *mm*, qui était le plus gros canon à tir rapide adopté par le Gouvernement français en 1889 ; il met en parallèle le canon de 24 *cm*, exposé dans le pavillon Schneider ; ce canon pèse 24 *t* et lance un projectile

de 150 *kg* à la vitesse initiale de 900 *m* et avec une rapidité moyenne de 4, 5 et 6 coups à la minute.

Le tir rapide est donc appliqué aujourd'hui aux plus gros calibres de la marine ; d'autre part il s'est étendu à l'artillerie de campagne ; et l'on peut prévoir que dans un bref délai le matériel d'artillerie de toutes les puissances sera à tir rapide.

M. Canet rappelle ce que c'est qu'un canon à tir rapide ; c'est un canon qui lance le nombre maximum de projectiles allant au but, dans un temps minimum.

Pour atteindre ce résultat, il a fallu modifier d'abord les munitions et constituer la munition unitaire, analogue à la cartouche de fusil, ensuite perfectionner tous les mécanismes des bouches à feu et des affûts, nécessaires pour le chargement et la manœuvre du matériel.

M. Canet s'occupe d'abord de l'artillerie de marine et passe successivement en revue les progrès accomplis dans les mécanismes de fermeture de culasses (vis à filets interrompus et à filets concentriques) ; les appareils de mise de feu, et les appareils de sécurité pour éviter les accidents résultant d'une mise de feu prématurée ou de longs feux ; les étoupilles à percussion ou électriques ; les affûts avec leurs freins hydrauliques et les récupérateurs automatiques ramenant les pièces en batterie ; les mécanismes de pointage en hauteur et en direction auxquels on a appliqué des couronnes de galets, des grains-pivots trempés et des roulements sur billes ; les appareils de visée permettant une indépendance complète de la ligne de mire ; les tourelles de protection, enfin les appareils pour le chargement automatique des canons.

Dans l'artillerie de campagne, les canonniers ont craint que le tir rapide n'amenât le gaspillage des munitions, mais cette hostilité préconçue s'est changée en admiration devant les résultats obtenus.

La grande difficulté pour l'artillerie de campagne a été de trouver un point d'appui sur le sol ; on l'a résolue, après des essais très longs et très nombreux, par la bêche placée à l'extrémité de la crosse.

Ayant obtenu la stabilité de l'affût de campagne sur tous les terrains, on a pu placer des sièges des deux côtés de la pièce, de sorte que les servants sont assis et n'ont à s'occuper que du pointage et du chargement et ne sont plus dérangés par le recul de la bouche à feu. D'autre part, on a créé des appareils de visée permettant aux servants, une fois le réglage du tir obtenu, de n'avoir qu'à exécuter des mouvements de manivelle pour arriver à répartir méthodiquement, rapidement et sûrement les coups sur le but à battre.

On arrive ainsi, avec une batterie de quatre bouches à feu, à couvrir 8 *ha* en une minute ; en deux minutes on en couvre 16. Il n'y a donc pas gaspillage, mais économie de projectiles.

Les projectiles de l'artillerie de campagne sont des shrapnels et des obus à explosif puissant.

Pour le matériel de montagne et de siège, les canons et affûts sont du même type que ceux du matériel de campagne.

M. Canet signale encore un matériel intéressant ; ce sont les batteries mobiles de M. le général Peigné ; un spécimen d'un des canons de ces batteries se trouve exposé. La bouche à feu est placée sur un affût à

double frein, reposant sur une plateforme métallique montée sur deux boggies et pouvant par suite circuler sur les voies de chemins de fer à voie étroite ou à voie normale. On peut constituer avec ce matériel de vrais forts roulants, se transportant rapidement d'un point à un autre pour la défense du territoire.

En terminant, M. Canet prie les assistants de s'approcher des pièces pour en voir le fonctionnement. (*Longs et vifs applaudissements.*)

Des projections cinématographiques montrent ensuite une série de tirs avec des pièces de différents types, anciens et nouveaux.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Michel Schmidt sur le *montage des ponts*.

M. Michel Schmidt commence par rappeler les divers procédés de montage des ponts et charpentes : montages en porte-à-faux ; mises en place par lancement ; montages sur ponts de service ; mises en place par flottage ; procédés mixtes.

Après avoir passé rapidement en revue divers ouvrages très remarquables pour leur époque et pour les progrès qu'ils ont fait réaliser, M. Michel Schmidt s'étend plus longuement sur la description de la passerelle de montage du pont Alexandre III, sur le montage de cet ouvrage et sur le montage du pavillon Schneider.

M. Schmidt montre comment le montage du pont Alexandre III a fait appel à toutes les ressources fournies par l'Art de l'Ingénieur et constitue un exemple très complet des procédés de montage mixtes.

M. Schmidt appelle l'attention sur la solution spéciale employée dans la construction des fermes de la coupole Schneider, pour parer aux inégales répartitions des charges au cas où un léger mouvement se produirait dans les fondations ; afin de réaliser d'une façon complète le système de ferme à trois articulations, on a remplacé les rotules de faitage par une sphère qui représente théoriquement l'intersection de toutes ces rotules. En terminant, M. Schmidt insiste sur la rapidité du montage, qui n'a duré que 35 jours pour le gros-œuvre, et sur la sécurité de ce montage par suite de la précaution qu'avaient prise les constructeurs de commander toutes les opérations relatives au montage sur un point unique au centre de la plate-forme inférieure.

M. le Président remercie vivement M. Michel Schmidt pour l'étude très documentée qu'il a exposée sur la construction et le montage des ouvrages métalliques. Sous une forme très captivante, notre Collègue nous a fait, pour ainsi dire, assister à quelques-unes de ces opérations constituant de véritables tours de force, que notre industrie réalise aujourd'hui presque couramment. Ce que notre Collègue n'a pas dit, c'est qu'il a eu, pour quelques-uns des ouvrages qui ont été décrits, toute la responsabilité du montage. M. le Président cite entre autres le montage du pont Alexandre III et du pavillon Schneider, dans lequel a lieu cette séance ; il est heureux de féliciter M. Michel Schmidt sur le succès de ses études ainsi que sur les opérations qu'il a su mener à bien si rapidement.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Delmas. sur l'*ensemble des progrès réalisés dans la fabrication des blindages depuis 1889.*

M. E. Delmas explique d'abord, d'une façon sommaire, comment on peut mesurer la valeur d'une plaque de blindage au point de vue de sa résistance à la perforation.

Il énumère ensuite les conditions et les résultats de tir qui prouvent combien grands ont été les progrès apportés dans la fabrication des blindages pendant ces dix dernières années. Il explique que ces progrès ont été réalisés :

1° Grâce à l'invention de l'acier-nickel pour métal à blindages et grâce aussi aux aciers spéciaux à base de nickel qui, depuis lors, ont été employés pour le cuirassement des navires de guerre;

2° Par la cémentation de la face d'impact des plaques.

Pour jeter un jour plus complet sur cette question des cuirasses, M. Delmas montre quel est le mode d'action du projectile et il précise comment ce mode d'action a été influencé par la nature du métal de la plaque.

Enfin, M. Delmas signale l'importance que doivent avoir les Aciéries, les Forges et les Ateliers d'usinage installés pour la fabrication des blindages. Il termine en rendant hommage à l'Ingénieur qui a doté les usines à blindages d'un outillage extraordinairement puissant et au Savant dont les découvertes ont été mises si largement à profit dans cette fabrication spéciale.

M. le Président se fait l'interprète des sentiments de tous en exprimant à M. Delmas le plaisir avec lequel nous avons suivi son exposé si clair sur la fabrication des blindages.

Grâce à lui nous aurons désormais une idée très nette des développements et des perfectionnements qu'a subis cette merveilleuse industrie dans laquelle les difficultés à vaincre sont si considérables. A ce titre, la communication que M. Delmas a bien voulu nous faire est pour nous du plus haut intérêt.

M. le Président donne la parole à M. Prévost pour sa communication sur la *locomotive Thuile.*

M. X. Prévost explique d'abord comment — à la suite de la si remarquable communication qu'a faite, en prenant place au fauteuil présidentiel de notre Société en 1891, M. du Bousquet sur la *vitesse des trains* — M. Thuile s'est attaché à cet important problème, et s'est proposé de construire une locomotive faisant 120 *km* à l'heure.

M. Prévost communique un certain nombre de renseignements sur la locomotive, qui figure, avec son tender, dans l'Exposition de MM. Schneider et Cie, et qui a été étudiée et construite par eux, pour répondre au programme suivant posé par M. Thuile :

Remorquer un train de luxe de 180 à 200 *t* à la vitesse de 120 *km* ;

Puissance aux cylindres, 1 800 à 2 000 *ch*.

La locomotive, construite pour répondre à ce programme, est à deux essieux couplés au milieu, un boggie à deux essieux à l'avant et un boggie à trois essieux à l'arrière ;

La chaudière est en forme de poire; elle a 4,68 m^2 de surface de grille ;

Le mécanisme est à l'avant ;

Le tender, à deux boggies, porte 28 m^3 d'eau et 7 *t* de charbon.

La locomotive a été soumise à des expériences sur les lignes des chemins de fer de l'État français. Au cours des premiers essais de roulage et dans des conditions ne se prêtant qu'insuffisamment bien au développement de la vitesse, la vitesse de 117 *km* a été réalisée avec un train de 186 *t*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Prévost de l'intéressante communication qu'il vient de faire sur les caractères qui distinguent la locomotive conçue par l'éminent Ingénieur qu'était M. Thuile. Nous ne pouvons qu'admirer les qualités remarquables de cette puissante machine, tout en déplorant que les essais très concluants qu'elle vient d'accomplir si brillamment aient coûté la vie à son inventeur, qui est mort victime du devoir professionnel.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P.-A. Canet, P.-L. Favre-Bourcart, E.-L. Hocquart, N. Konchine, A.-L. Masson, H. Sarkissian, H.-F. Smits Mess' Oud-Bey, E. Tomson, comme Membres sociétaires.

Sont reçus :

Membres sociétaires, MM. J.-A. Alberti, V. Amilhau, R.-Ch.-A. Armengaud, E. Balliman, A. de Boischevalier, J.-G. Bousquet, E.-Ch. Bruckmann, R.-J. Chaligny, E.-L. Collon, H.-L.-A. Domage, L. Duval, P. Gallotti, H. Goldschmidt, A. Grosjean, V.-H.-L.-E.-L. Lange, E.-A. Lassance Cunha, G. Lenz, P. Machavoine, R. Meyer, J. V. Ragot, M. de Svireline, G.-Ch. Vauthier, J.-M. Vidal ;

Membre associé, M. R.-A. Viau ;

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
P. JANNETTAZ.

THÉORIE GÉNÉRALE

DES

POUTRES VIERENDEEL [1]

PAR

M. A. VIERENDEEL

AVANT-PROPOS

1. — Voilà cinq ans que, pour la première fois, l'idée du système sans diagonales a été émise en public; depuis lors ce système a été l'objet d'une expérience, en 1897, à Tervueren, de trois exécutions dont deux terminées et la troisième en cours, et enfin de diverses publications dont voici les principales :

A. *Les ponts architecturaux en métal* 1896, 4 pl., par A. Vierendeel. Annales des Travaux publics de Belgique.

B. *Longerons en treillis et longerons à arcades*, avril 1897, 8 pl., par A. Vierendeel. Cette brochure donne la première méthode de calcul des poutres sans diagonales.

C. *Le pont système Vierendeel*, janvier 1898, 7 pl., par A. Vierendeel. Expériences de Tervueren-lez-Bruxelles.

D. *Le pont Vierendeel*, par MM. Lambin et Christophe, Ingénieurs des Ponts et Chaussées; Rapport sur les expériences de Tervueren; Annales des Travaux publics de Belgique, 1898.

E. *Le pont Vierendeel*, par A. Vierendeel; mars 1898. Examen du rapport D ci-dessus.

F. *Note sur le calcul du pont Vierendeel*, par E. Haerens, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Université de Gand, 1898.

G. *Boletin de la Sociedad de Injeniera* (Chile), par R. Claro-Solar; estudio de un nuevo tipo de viga propuesto par el senor A. Vierendeel, 1898.

H. *Giornale del genio civile* (Italie) 1899. — *Il Ponte Vierendeel* e la sua calcolazione, par le *Professeur Andruzzi* de l'Université de Pise,

(1) Voir planches n°ˢ 234 et 235.

Ingénieur du corps royal italien du Génie civil. Une traduction de ce mémoire a paru dans le Bulletin de l'Union des Ingénieurs de Louvain, 4e fascicule de 1899.

Nous allons résumer ces divers travaux et établir en un corps de doctrine la théorie complète des poutres de notre système.

Nous devrons fréquemment renvoyer aux publications ci-dessus, nous le ferons habituellement en les désignant par leur lettre.

*
* *

2. — Dans notre ouvrage B, *Longerons en treillis et longerons à arcades*, nous avons longuement comparé les deux types de longerons, le type ancien avec diagonales et le nouveau sans diagonale; tout ce que nous avons dit alors s'est de plus en plus confirmé depuis.

Le type en treillis à nœuds rigides est peu rationnel au double point de vue théorique et pratique : on ne sait ni le calculer avec une approximation suffisante (l'hypothèse fondamentale du calcul, l'articulation, est le contre-pied de la réalité), ni l'exécuter convenablement (les brides, les diagonales et quelquefois les montants n'ont pas le profil double té), ni le monter et régler exactement (la triangulation du dessin n'est nullement réalisée avec efficacité dans les pièces exécutées); en résumé, calcul défectueux et exécution tout aussi défectueuse, et à ces défectuosités il n'y a guère d'amélioration possible, le type ne s'y prête pas, à moins de prendre franchement l'articulation des Américains (voir publication E, p. 46-47).

Chaque fois que par l'expérience on a voulu vérifier le calcul d'un pont en treillis rigide, on a trouvé des fatigues réelles doubles et même triples de celles indiquées par la théorie (voir publication B, p. 12 à 15, celle C, p. 42 à 49; voir aussi aux *Annales des Ponts et Chaussées* 2e trimestre de 1899, p. 223, une note de M. Mesnager sur les fatigues dans les ponts en treillis). Il est en outre à noter que les fatigues dévoilées par les appareils d'expérience ne sont pas encore les fatigues réelles; il y a en sus, dans les ponts en treillis, les fatigues dues à un réglage défectueux (et un réglage non défectueux est un pur effet du hasard), fatigues qui échappent à tout calcul, a toute constatation directe et peuvent s'élever à un taux important sans que rien dévoile leur existence (voir publication B, p. 72); c'est à cause de

l'impossibilité pratique d'un bon réglage que dans les ponts en treillis il y a toujours des diagonales qui ne fonctionnent pas ou fonctionnent incomplètement, d'où des perturbations profondes et graves dans le mécanisme de leur stabilité.

Pour les poutres de notre système, rien de semblable, le calcul est exact et ses résultats sont corroborés par l'expérience (voir : publication C p. 14, 30 à 34, 38 à 42 et annexes XVI et XVII; publication D p. 117, 118, 120; publication E, p. 27 à 41 et le chapitre II; publication H, p. 179 du Bulletin de l'Union des Ingénieurs de Louvain).

Les membrures des poutres de notre système ont le profil rationnel (double té) et la forme d'égale résistance (arrondi et élargissement aux angles) requis pour une bonne et économique résistance aux efforts qui les sollicitent; enfin l'ossature de nos poutres se monte avec précision sans qu'il soit nécessaire de recourir à un réglage quelconque, le tout s'agence naturellement bien, il n'y a pas possibilité de monter mal; quand notre poutre fléchit toutes les membrures fonctionnent et résistent exactement comme il est prévu par les calculs, les forces et fatigues se répartissent entre les diverses membrures comme l'indique la théorie.

3. — Pour établir dès maintenant et d'une façon tangible une comparaison d'ensemble entre la poutre en treillis et celle de notre système, nous donnons *(fig. 2 et 3, pl. 234)*, deux poutres, l'une A, avec diagonales, l'autre B, sans diagonale; sous l'action des charges les barres de ces poutres prennent les inflexions figurées en traits interrompus (voir à ce sujet la publication C, p. 42 § 2, p. 66 et fig. 5, pl. IV; voir aussi aux *Annales des Ponts et Chaussées* 2e trimestre de 1899, p. 230, la note déjà citée de M. Mesnager); si nous coupons ces deux poutres par le milieu nous obtenons les figures 4 et 5, planche 234 et là éclate, avec évidence, la supériorité de la poutre sans diagonale sur l'autre, en effet :

1° Pour résister aux efforts de cisaillement horizontaux il y a pour chaque nœud deux barres dans la poutre A (contre une dans la poutre B) et deux barres qui se partagent l'effort dans une proportion qu'il est impossible de déterminer; évidemment il y a une barre de trop, d'où complète indétermination;

2° Chacune des barres de A supporte, comme effort direct, la totalité de l'effort tranchant, tandis que les barres de la poutre B

ne portent rien de l'effort tranchant, sauf les deux montants extrêmes qui portent la moitié de ΣP;

3° Tous les montants de A sont soumis à l'éventualité de flambage, rien de semblable pour B sauf les deux montants sur les appuis;

4° Les barres du treillis de A sont calculées pour équilibrer chacune la totalité de l'effort tranchant vertical, et cependant celui-ci leur échappe pour une bonne partie et se reporte sur les brides qu'il fatigue par flexion tout comme dans le cas de la poutre B;

5° Enfin les barres verticales de la poutre B, tout comme ses brides, peuvent être exécutées en double té et assemblées les unes sur les autres avec de forts congés de raccord, dispositif excellent pour résister aux efforts de flexion ainsi qu'aux effets dynamiques, et dispositif qu'il n'est pas possible de réaliser dans le type en treillis; c'est pourquoi, d'ailleurs, ce type est toujours faible en ses nœuds.

C'est pour ces cinq raisons principales et d'autres accessoires qui sont détaillées dans les publications A à H que :

a) Les poutres en treillis arrivent si prématurément à leur limite d'élasticité et présentent à égalité de poids une sécurité moitié moindre que celle des poutres sans diagonale (voir la publication C, p. 59 et 72; voir aussi E § 4, p. 35); conclusion qui peut encore s'exprimer en disant que la poutre sans diagonale présente, à égalité de sécurité, une notable économie de matière sur celle en treillis.

b) Les poutres en treillis sont moins rigides que celles sans diagonale (voir publication C, p. 69 et E, chapitre I § 2.)

c) Enfin les poutres à simples montants sans diagonale sont moins exposées aux dislocations que celles en treillis; on constate, en effet, qu'au bout de peu d'années beaucoup de grands ponts en treillis donnent des signes de faiblesse et même prennent du jeu dans leurs assemblages (voir publication B, p. 71, 72 et 77; voir aussi C, p. 58 et 59); d'où il résulte que nos poutres sont plus robustes, plus durables que celles en treillis.

Ce sont les multiples raisons ci-dessus qui ont conduit M. le professeur Andruzzi dans son étude sur notre système (publication H) à conclure que " *Le système Vierendeel est plus économique que le système en treillis pour les mêmes charges portées, par conséquent*

il est à préférer dans les constructions modernes ". « Effettivamente il » sistema Vierendeel è più economico dei sistemi triangolari » a parità di condizioni statiche, e quindi preferibile nelle » moderne costruzioni. »

*
* *

4. — Résumons ici en quelques mots les principales particularités de l'expérience qui eut lieu en 1897 à Tervueren-les-Bruxelles sur un pont de notre système.

Le pont essayé *(fig. 12, pl. 234)* (pour les détails d'exécution voir la publication B) était en fer, portée 31,50 *m*, hauteur 3 *m* d'axe à axe des brides; tablier supérieur calculé pour une voie ferrée à raison de 4 700 *kg* par mètre courant, soit 148 *t* de surcharge totale ; le poids mort était :

Deux longerons principaux	Kilogr.	32 900
Traverses, longrines, entretoisement, contreventement		17 100
Plancher en bois.		12 700
Total.	Kilogr.	62 700

La partie métallique du pont fut livrée montée à Tervueren à 30 *f* les 100 *kg* (1).

Les expériences durèrent trois mois et demi, de milieu août à fin novembre 1897. Le pont reçut tout d'abord une surcharge de 157 *t* de gueuses de fonte et la porta de fin août au 10 novembre, soit deux mois et demi ; le 11 novembre on ajouta 47 *t*, ce qui faisait 204 *t* ; le 12 novembre à midi on déchargea et le pont se redressa comme un ressort de toute la flèche indiquée par les calculs (voir E p. 37-38), preuve que malgré cette longue période de fatigue le métal n'avait rien perdu de son élasticité, et la construction rien perdu de ses qualités résistantes (voir public. C p. 71).

Le chargement fut repris le 23 novembre et poussé jusqu'à la rupture qui arriva le 26 novembre ; le pont reçut tout d'abord 75 *t* de gueuses réparties uniformément sur sa demi-longueur, il prit une flèche de 11 *mm*, le calcul préalable indiquait une flèche de 11,1 *mm* ; il reçut ensuite 75 *t* sur l'autre moitié, donc un total de 150 *t* ; on constata au quart de la portée une flèche

(1) Il est à noter que le treillis exécuté et réglé comme il doit l'être est un type sensiblement plus coûteux que la poutre de notre système, surtout du chef du montage (voir public. C p. 20 à 24, p. 73-74 ; E p. 52 à 54).

de 15,6 *mm* et au milieu 23,5, le calcul était arrivé à des flèches de 15,1 et 22,3 (voir les publications B p. 39, D p. 117-118, E p. 27).

Les fatigues calculées (public. B) se trouvent confirmées par l'expérience (voir public. C p. 38 et E p. 32) ; les fatigues constatées sont légèrement *en dessous* de celles calculées, ce qui est une garantie de sécurité : des relevés faits il résulte que la fatigue totale maximum de 7,60 *kg* indiquée par le calcul (fatigue primaire plus secondaire) sous l'effet de la surcharge d'épreuve correspond à une fatigue réelle d'environ 7 *kg*.

Le rapport officiel (public. D p. 120) constate que la déformation des poutres « accuse, d'une manière générale, un mode » de fonctionnement des pièces analogue à celui indiqué par le » calcul » (voir C p. 40-41 ; E p. 22).

Sa rupture se produisit exactement là où le calcul la faisait prévoir, le rapport officiel le constate p. 120 et il conclut en disant que « d'une manière générale les déformations locales et la rup- » ture du tablier ont confirmé les prévisions du calcul » (voir public. E p. 38).

Il est à noter que tous nos calculs ont été publiés en avril 1897 (public. B), donc 6 mois avant les essais ; ce sont donc des calculs avant essais et non après, ce qui est tout différent comme valeur des concordances et de la théorie.

La limite d'élasticité du pont se produisit sous 373 *t* de gueuses, soit deux fois et demi la surcharge d'épreuve 148 *t* ; le rapport officiel (D p. 121) constate qu'en ce moment la fatigue maximum atteignait de 15 à 16 *kg*, ce qui est la limite d'élasticité du fer à la traction.

Ces diverses concordances entre le calcul et l'expérience pour les flèches, les fatigues et la limite d'élasticité prouvent que notre théorie mathématique est exacte.

Le fait que la limite d'élasticité ne se produit pas prématurément prouve encore que notre type constructif est excellent car il est impossible de concevoir une construction en fer dont la limite d'élasticité se produise au delà de 16 *kg* (voir public. C p. 39, p. 72 et conclusion n° V ; voir E p. 21).

Le pont avait passé toute la nuit du 25 au 26 novembre avec une surcharge de 323 *t* ; le 26, à 9 heures du matin, il portait la surcharge 373 *t* sous laquelle se produisit la limite d'élasticité ; du chef de la limite d'élasticité dépassée, la solidarité entre les membrures et notamment entre les brides diminua rapidement,

et comme conséquence les fatigues augmentèrent beaucoup plus rapidement que les charges ; de plus l'un des appuis, par suite d'une défectuosité des fondations, tassa beaucoup plus que les autres, d'où une torsion sur les poutres principales, et cette torsion hâta considérablement le moment de la rupture, elle se produisit à 3 h. 25 de relevée sous la charge 473 *t*, (416260 *kg* + 62700 *kg*) ; il est à noter que la rupture se produisit très lentement, il se passa plusieurs heures entre les premiers signes de faiblesse et l'affaissement final ; même, entre la première déchirure dans les tôles et le moment où le pont s'assit sur ses calages il s'écoula encore 25 minutes, on voyait le pont s'asseoir ; cette lenteur dans la rupture (malgré la torsion due au tassement inégal des appuis) prouve la grande force de résistance de ce type de poutre (voir C p. 33 à 35 et annexes n°s XIII et XIV) ; le type en treillis, par contre, se rompt brusquement comme une pièce de fonte, rupture sans aucun signe avant-coureur, ainsi que cela a été constaté aux essais du pont de Wolhusen en Suisse (voir publication C p. 50).

Il est à noter que le pont de Tervueren ayant été déchargé des gueuses de fonte après sa rupture se redressa sur toute sa longueur de façon à ne porter qu'aux extrémités ; il était d'ailleurs intact partout sauf aux extrémités et il fut même question, malgré son épreuve à outrance, de l'employer à un usage définitif en supprimant un panneau d'extrémité.

CHAPITRE PREMIER

Théorie générale.

5. — La méthode générale de calcul des poutres de notre système a été exposée dans notre mémoire "*Longerons en treillis et longerons à arcades*", chap. V § 1, 2 et 3 ; nous allons la reproduire succinctement.

Soit *(fig. 6, pl. 234)* une poutre de forme quelconque portant des charges quelconques ; nous la rapportons à deux axes coordonnées rectangulaires, nous la coupons en deux tronçons par une section rencontrant tous les montants *(fig. 7, pl. 234)* qui sont au nombre de N ; chaque tronçon isolé sera exactement dans la même situation mécanique que lorsqu'il était solidaire de l'autre pourvu que, sur chaque section faite, nous appliquions sous forme de forces extérieures l'équivalent des forces intérieures

qui y agissent lorsque la solidarité existe entre les deux tronçons, nous avons ainsi sur le centre de gravité de la section S du montant N° n :

Une composante verticale q_n,
Une composante horizontale π_n,
Un moment μ_n,

trois inconnues pour chaque montant ; au total le problème comporte donc 3 N inconnues.

Les équations déterminant ces inconnues nous seront fournies par le fait que l'expression des déplacements (linéaires et angulaire) d'une section S d'un montant, expression calculée en fonction des dimensions du tronçon supérieur et des forces y appliquées, est égale à l'expression des déplacements de la même section calculés en fonction des dimensions du tronçon inférieur et des forces y appliquées.

Si nous désignons par Δx_n, Δy_n, α_n les déplacements de S considéré comme appartenant au tronçon supérieur, et par $\Delta' x_n$, $\Delta' y_n$, α'_n les déplacements de la même section considérée comme appartenant au tronçon inférieur, nous avons :

$$\Delta x_n = \Delta' x_n, \quad [1]$$
$$\Delta y_n = \Delta' y_n, \quad [2]$$
$$\alpha_n = \alpha'_n. \quad [3]$$

Voilà les trois équations fondamentales de la théorie des poutres de notre système ; ces trois équations sont l'expression d'un fait, elles existent en dehors de toute hypothèse quelconque.

Si nous nous reportons à la figure 7 planche 234, nous avons :

$$\Delta x_n = \Delta x_1 + F\ (q\pi\mu) + \alpha_1\ (y_n - y_1),$$
$$\Delta y_n = \Delta y_1 + f\ (q\pi\mu) + \alpha_1\ (x_n - x_1),$$
$$\alpha_n = \alpha_1 + \varphi\ (q\pi\mu),$$
$$\Delta' x_n = \Delta' x_1 + F'\ (q\pi\mu) + \alpha'_1\ (y_n - y_1),$$
$$\Delta' y_n = \Delta' y_1 + f'\ (q\pi\mu) + \alpha'_1\ (x_n - x_1),$$
$$\alpha_n = \alpha'_1 + \varphi'\ (q\pi\mu),$$

et en vertu des trois équations fondamentales ci-dessus nous avons :

$$F\ (q\pi\mu) = F'\ (q\pi\mu), \quad [4]$$
$$f\ (q\pi\mu) = f'\ (q\pi\mu), \quad [5]$$
$$\varphi\ (q\pi\mu) = \varphi'\ (q\pi\mu). \quad [6]$$

Chaque montant, sauf le premier, nous donne un groupe de trois équations semblables, donc au total 3 (N — 1) équations pour 3 N inconnues.

La statique nous donne trois équations exprimant que chaque tronçon est en équilibre sous l'action des forces connues et inconnues y appliquées :

$$\Sigma \text{ composantes horizontales} = 0, \qquad [7]$$

$$\Sigma \text{ composantes verticales} = 0, \qquad [8]$$

$$\Sigma \text{ moments} = 0. \qquad [9]$$

Nous avons donc au total 3N équations pour les 3N inconnues du système, et le problème est résolu.

Connaissant tous les q, π et μ on peut, par des opérations élémentaires, déterminer les fatigues en n'importe quelle section de la poutre étudiée et par conséquent en vérifier la stabilité.

Nous disons "*en vérifier la stabilité*"; en effet la marche que nous venons d'indiquer est un simple calcul de vérification, car pour déterminer les déplacements Δx, Δy et α il faut *a priori* connaître les dimensions de toutes les sections de la poutre ; nous verrons ci-après (voir n°s 19 et 20) que c'est là une condition d'ordre purement théorique, et que les équations peuvent se poser et se résoudre avec toute l'exactitude pratique requise sans rien connaître de ces sections, c'est-à-dire que le calcul est direct et non plus seulement un calcul de vérification, il devient tout aussi direct que pour les ponts en treillis articulés.

Après ces considérations générales nous allons traiter séparément le cas des poutres à brides parallèles et celui des poutres à brides non parallèles.

Lorsque les charges sont symétriques les inconnues diminuent de moitié si le nombre de panneaux est pair, et environ de moitié s'il est impair ; le problème se simplifie donc considérablement, nous l'exposerons en détail en traitant les cas particuliers.

CHAPITRE II

Poutres à brides parallèles.

§ 1er. — Charges au droit des montants.

6. — Le système des 3 (N — 1) équations [4], [5] et [6] ci-avant ajoutées aux trois équations [7], [8] et [9] présente l'inconvénient que les $3N$ inconnues sont réparties dans toutes les équations, ce

qui rend très fatigant le travail de la résolution : en effet les déformations des tronçons SA et SB du montant n° n (*fig.* 7) sont fonction de tous les π, q et μ depuis 1 jusque $(n - 1)$ et depuis $(n + 1)$ jusque N, d'où il résulte que chaque équation contient toutes les inconnues sauf trois, ce qui entraîne un travail d'élimination excessif ; M. Andruzzi, professeur à l'Université de Pise [1], a fait la remarque très simple et très ingénieuse que l'effet combiné de tous les π, q et μ sur les tronçons SA et SB était identique à celui des π_n, q_n et μ_n sur ces mêmes tronçons, et, moyennant cette remarque, les équations deviennent d'une simplicité élémentaire, M. Andruzzi a rendu leur résolution vraiment pratique.

Nous considérons le cas d'une poutre à brides parallèles chargée d'une façon quelconque (*fig.* 8) ; de cette poutre nous isolons un panneau quelconque et le coupons en deux tronçons par une section faite à mi-hauteur des montants (*fig.* 9) ; sur les sections A, E, D et H nous avons les forces q et π et le moment μ ainsi qu'il est expliqué au chapitre précédent.

Sur les sections B et F des brides supérieure et inférieure, sections immédiatement à gauche du montant n° r, nous avons les forces θ, N et M, qui proviennent de toutes les charges et réaction agissant sur la portion du pont à gauche du panneau considéré ; sur les sections C et G des brides, sections immédiatement à droite du montant n° $(r+1)$, nous avons des forces analogues provenant des charges et réactions agissant sur la portion du pont à droite du panneau que nous étudions.

Enfin, au droit des montants verticaux de ce panneau, nous avons les forces P'_r, P''_r, P'_{r+1}, P''_{r+1}, forces qui représentent le poids mort du pont et les surcharges qu'il porte.

Le tout est rapporté à deux axes coordonnés rectangulaires parallèles aux montants et brides de la poutre. Soient :

$\Delta x'_r$, $\Delta y'_r$, α'_r, les déplacements totaux de la section A ;
$\Delta x''_r$, $\Delta y''_r$, α''_r, ceux de la section E ;
$\Delta x'_{r+1}$, $\Delta y'_{r+1}$, α'_{r+1}, — D ;
$\Delta x''_{r+1}$, $\Delta y''_{r+1}$, α''_{r+1}, — H ;
δ'_x, δ'_y, α', les déplacements de A par rapport à D supposé encastré, donc déplacements dus à la seule déformation du demi-panneau ABCD ;

(1) Voir la publication H ci-avant.

$\delta_x^{\cdot}$, $\delta_y^{\prime\prime}$, $\alpha^{\cdot}$, les déplacements de E par rapport à H supposé encastré, déplacements dus à la seule déformation du demi-panneau EFGH.

Nous avons les égalités :

$$\Delta x_r' = \Delta x_{r+1}' + \alpha_{r+1}'(y_r - y_{r+1}) + \delta_x';$$
$$\Delta y_r' = \Delta y_{r+1}' + \alpha_{r+1}'(x_r - x_{r+1}) + \delta_y';$$
$$\alpha_r' = \alpha_{r+1}' + \alpha';$$
$$\Delta x_r^{\cdot} = \Delta x_{r+1}^{\cdot} + \alpha_{r+1}^{\cdot}(y_r - y_{r+1}) + \delta_x^{\prime\prime};$$
$$\Delta y_r^{\cdot} = \Delta y_{r+1}^{\cdot} + \alpha_{r+1}^{\prime\prime}(x_r - x_{r+1}) + \delta_y^{\cdot};$$
$$\alpha_r^{\cdot} = \alpha_{r+1}^{\prime\prime} + \alpha^{\cdot};$$

et, en vertu de nos trois équations fondamentales [1], [2] et [3] du n° 5 ci-avant, les expressions ci-dessus nous donnent :

$$\delta_x' = \delta_x^{\cdot}, \quad [10]$$
$$\delta_y' = \delta_y^{\cdot}, \quad [11]$$
$$\alpha' = \alpha^{\cdot}, \quad [12]$$

trois nouvelles équations que nous allons développer.

Nous admettons, à titre de simplification, que tous les montants ont même section, dont les caractéristiques sont Ω_m et I_m ; nous admettons de même que les brides ont une section constante d'un bout à l'autre, section ayant pour caractéristiques Ω_c, I_c; nous verrons plus tard que ces simplifications sont fondées.

La déformation du demi-panneau supérieur ABCD est provoquée sur la portion ABC par les forces et moments q_r, π_r, μ_r, M_r', θ_r', N, P_r' (*fig. 9*), et sur la portion CD par q_{r+1}, π_{r+1}, μ_{r+1}, $\frac{H}{2} \times \pi_{r+1}$ (*fig. 10*); on arrive à ces dernières forces en déterminant par la statique les trois inconnues x, y et z du tronçon CD isolé ainsi qu'il est indiqué par la figure 11 ; l'analogue existe pour le demi-panneau inférieur EFGH.

Nous évaluons les déformations en appliquant les trois formules connues :

$$\Delta x_1 = \Delta x_0 + \alpha_0(y_1 - y_0) + \int \frac{N dx}{\Omega E} + \int \frac{\theta dy}{\Omega G} + \int (y_1 - y) \frac{M ds}{EI},$$

$$\Delta y_1 = \Delta y_0 + \alpha_0(x_1 - x_0) + \int \frac{N dy}{\Omega E} + \int \frac{\theta dx}{\Omega G} + \int (x_1 - x) \frac{M ds}{EI},$$

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \int \frac{M ds}{EI},$$

formules générales donnant les déformations d'une pièce plane de forme quelconque : droite, polygonale ou courbe.

7. — *Équation $x' = x''$.*

$$x' = +q_r\frac{D^2}{2EI_c} - \pi_r\left(\frac{H^2}{8EI_m} + \frac{HD}{2EI_c}\right) + \mu_r\left(\frac{H}{2EI_m} + \frac{D}{EI_c}\right) + \pi_{r+1}\frac{H^2}{8EI_m} - \mu_{r+1}\frac{H}{2EI_m} + (\theta'_r - P'_r)\frac{D^2}{2EI_c} + M'_r\frac{D}{EI_c},$$

$$x'' = -q_r\frac{D^2}{2EI_c} - \pi_r\left(\frac{H^2}{8EI_m} + \frac{HD}{2EI_c}\right) - \mu_r\left(\frac{H}{2EI_m} + \frac{D}{EI_c}\right) + \pi_{r+1}\frac{H^2}{8EI_m} + \mu_{r+1}\frac{H}{2EI_m} + (\theta''_r - P''_r)\frac{D^2}{2EI_c} + M''_r\frac{D}{EI_c}.$$

L'égalité nous donne l'équation :

$$q_r \times \frac{D^2}{I_c} + \mu_r\left(\frac{H}{I_m} + \frac{2D}{I_c}\right) - \mu_{r+1}\frac{H}{I_m} + (\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r)\frac{D^2}{2I_c} + (M'_r - M''_r)\frac{D}{I_c} = 0. \qquad [13]$$

8. — *Équation $\delta'_y = \delta''_y$.*

$$E\delta'_y = +q_r\left(\frac{H}{2\Omega_m} + \frac{DE}{\Omega_c G} + \frac{D^3}{3I_c}\right) - \pi_r\frac{HD^2}{4I_c} + \mu_r\frac{D^2}{2I_c} - q_{r+1}\frac{H}{2\Omega_m} + \pi_{r+1}\frac{DH^2}{8I_m} - \mu_{r+1}\frac{DH}{2I_m} + (\theta'_r - P'_r)\left(\frac{DE}{\Omega_c G} + \frac{D^3}{3I_c}\right) + M'_r\frac{D^2}{2I_c},$$

$$E\delta''_y = -q_r\left(\frac{H}{2\Omega_m} + \frac{DE}{\Omega_c G} + \frac{D^3}{3I_c}\right) - \pi_r\frac{HD^2}{4I_c} - \mu_r\frac{D^2}{2I_c} + q_{r+1}\frac{H}{2\Omega_m} + \pi_{r+1}\frac{DH^2}{8I_m} + \mu_{r+1}\frac{DH}{2I_m} + (\theta''_r - P''_r)\left(\frac{DE}{\Omega_c G} + \frac{D^3}{3I_c}\right) + M''_r\frac{D^2}{2I_c},$$

d'où l'équation :

$$\left.\begin{array}{l} q_r\left(\dfrac{H}{\Omega_m} + \dfrac{2DE}{\Omega_c G} + \dfrac{2D^3}{3I_c}\right) + \mu_r\dfrac{D^2}{I_c} - q_{r+1}\dfrac{H}{\Omega_m} - \mu_{r+1}\dfrac{DH}{I_m} + \\ + (M'_r - M''_r)\dfrac{D^2}{2I_c} + (\theta'_r - P'_r - \theta''_r + P''_r)\left(\dfrac{DE}{\Omega_c G} + \dfrac{D^3}{3I_c}\right) = 0. \end{array}\right\} \quad [14]$$

De l'équation [13] nous tirons :

$$\left.\begin{array}{l} \mu_{r+1} = \mu_r\left(1 + \dfrac{2D}{H}\dfrac{I_m}{I_c}\right) + q_r\dfrac{D^2 I_m}{HI_c} + \\ + (\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r)\dfrac{D^2 I_m}{2HI_c} + (M'_r - M''_r)\dfrac{DI_m}{HI_c}, \end{array}\right\} \quad [15]$$

et, combinant [13] et [14], nous avons :

$$\left.\begin{aligned} q_{r+1} = -\mu_r\left(D\frac{\Omega_m}{I_m}+\frac{D^2\Omega_m}{HI_c}\right)+q_r\left(1+2\frac{D}{H}\frac{\Omega_m}{\Omega_c}\frac{E}{G}-\frac{D^3\Omega_m}{3HI_c}\right)+ \\ +(\theta'-\theta''-P'_r+P''_r)\left(\frac{D}{H}\frac{\Omega_m}{\Omega_c}\frac{E}{G}-\frac{D^3\Omega_m}{6HI_c}\right)-(M'_r-M''_r)\frac{D^2\Omega_m}{2HI_c} \end{aligned}\right\} \quad [16]$$

Si nous considérons l'ensemble de la portion de pont située à gauche du montant n° r, nous avons (*fig. 8 et 9*) :

$$\theta'_r = \sum_1^{r-1} q - \sum_1^{r-1} P',$$

$$\theta''_r = R_1 - \sum_1^{r-1} q - \sum_2^{r-1} P'',$$

d'où : $\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r = 2\sum_1^{r-1} q - \sum_1^{r} P' - R_1 + \sum_2^{r} P''.$ [17]

Nous avons encore :

$$M'_r = +\sum_1^{r-1}\mu - \sum_1^{r-1}\frac{1}{2}\pi H + q_1(r-1)D + q_2(r-2)D + \ldots + q_{r-1}D -$$
$$- P'_1(r-1)D - P'_2(r-2)D \ldots - P'_{r-1}D,$$

$$M''_r = -\sum_1^{r-1}\mu - \sum_1^{r-1}\frac{1}{2}\pi H - q_1(r-1)D - q_2(r-2)D - \ldots - q_{r-1}D +$$
$$+ R_1(r-1)D - P''_r(r-2)D - \ldots - P''_{r-1}D,$$

d'où :

$$\left.\begin{aligned} (M'-M'')_r = +2\sum_1^{r-1}\mu + 2q_1(r-1)D + 2q_2(r-2)D + \ldots + 2q_{r-1}D - \\ - R_1(r-1)D - P'_1(r-1)D + (-P'_2+P''_2)(r-2)D + \\ + (-P'_{r-1}+P''_{r-1})D. \end{aligned}\right\} \quad [18]$$

Les expressions [15] et [16] combinées avec celles [17] et [18] nous donnent donc les valeurs de μ_{r+1} et q_{r+1} en fonction des charges portées par la portion du pont à gauche du montant n° $(r+1)$ et de tous les μ et q depuis l'indice 1 jusqu'à l'indice r inclusivement.

Calculant les panneaux de proche en proche, on aura : pour le premier panneau, μ_2 et q_2 en fonction de μ_1 et q_1 ; pour le second panneau, μ_3 et q_3 en fonction de μ_1, μ_2, q_1, q_2 donc, après substitution, en fonction de μ_1 et q_1, et ainsi de suite ; on arrivera finalement à avoir tous les μ et tous les q, depuis l'indice 2 jusque l'indice dernier $(n+1)$ en fonction de μ_1 et q_1 ; il reste à trouver deux équations pour déterminer μ_1 et q_1, ces équations

seront fournies par la statique, l'une exprimera l'équilibre de translation verticale du tronçon supérieur (ou inférieur) de poutre, l'autre l'équilibre de rotation en prenant le point de référence sur l'horizontale des π :

$$\sum_1^{n+1}(q-P')=0,$$

$$\sum_1^{n+1}\mu+\sum_1^{n+1}\text{mom}\,(q-P')=0.$$

Nous remplaçons dans ces deux équations tous les μ et tous les q d'indice superieur à 1 en fonction de μ_1 et q_1, ce qui nous est possible au moyen des relations trouvées ci-dessus, et nous obtenons ainsi deux équations dernières ne contenant plus que les deux inconnues μ_1 et q_1 ; elles les déterminent et ainsi déterminent les valeurs de tous les μ et q jusque l'indice $(n+1)$ inclusivement.

9. — Si la charge est disposée symétriquement sur le pont, on ne doit plus calculer que la moitié des μ et q, car on a évidemment :

$$\mu_r=-\mu_{n+2-r}, \qquad q_r=q_{n+2-r},$$

et la détermination de μ_1 et q_1 peut se faire sans recourir aux équations statiques, car on a :

$$\mu_{\frac{n}{2}+1}=0, \qquad q_{\frac{n}{2}+2}=q_{\frac{n}{2}},$$

si le nombre des panneaux est pair; et si le nombre est impair:

$$\mu_{\frac{n+1}{2}}=-\mu_{\frac{n+1}{2}+1}, \qquad q_{\frac{n+1}{2}}=q_{\frac{n+1}{2}+1},$$

deux équations d'où on déduit les inconnues μ_1 et q_1, et comme conséquence toutes les autres inconnues μ et q.

10. — Voyons quelles seraient les valeurs de μ et q au cas où, dans les équations ci-dessus, on négligerait les déformations dues aux efforts directs (traction, compression et cisaillement) en présence de celles dues à la flexion; introduisant cette supposition dans les équations [13] et [14] ci-dessus et les résolvant on obtient :

$$\left.\begin{aligned} 2q_r+\theta'_r-\theta''_r-P'_r+P''_r &= -\mu_r\left(\frac{6HI_c}{D^2I_m}+\frac{6}{D}\right)-(M'_r-M''_r)\frac{3}{D} \\ \mu_{r+1} &= -\mu_r\left(2+\frac{DI_m}{HI_c}\right)-(M'_r-M''_r)\frac{DI_m}{2HI_c}, \end{aligned}\right\} \quad [19]$$

faisant dans le groupe [19] $r = 1$, on a :

$$2q_1 - P'_1 - R_1 = -\mu_1 \left(\frac{6HI_c}{D^2I_m} + \frac{6}{D}\right)$$

$$\mu_2 = -\mu_1 \left(2 + \frac{DI_m}{HI_c}\right),$$

faisant $r = 2$ dans le groupe [19] et dans l'équation [18] on a :

$$2q_2 + \theta'_2 - \theta''_2 - P'_2 + P''_2 = -\mu_2 \left(\frac{6HI_c}{D^2I_m} + \frac{6}{D}\right) - (M'_2 - M''_2)\frac{3}{D},$$

$$\mu_3 = -\mu_2 \left(2 + \frac{DI_m}{HI_c}\right) - (M'_2 - M''_2)\frac{DI_m}{2HI_c},$$

$$M'_2 - M''_2 = +2\mu_1 + 2q_1D - R_1D - P'_1D = -\mu_1\left(\frac{6HI_c}{DI_m} + 4\right),$$

faisant $r = 3$ et ainsi de suite, on trouve en thèse générale que :

$$2q_r + \theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r,$$

$$\mu_r,$$

$$M'_r - M''_r,$$

sont toutes quantités proportionnelles à μ_1, et finalement que la quantité :

$$2q_{n+1} + \theta'_{n+1} - \theta''_{n+1} - P'_{n+1} - R_2,$$

correspondant au dernier montant, est aussi proportionnelle à μ_1; or, pour ce montant, nous avons :

$$\theta'_{n+1} - P'_{n+1} + q_{n+1} = 0,$$

$$\theta''_{n+1} + R_2 - q_{n+1} = 0,$$

d'où : $$2q_{n+1} + \theta'_{n+1} - \theta''_{n+1} - P'_{n+1} - R_2 = k\mu_1 = 0,$$

et, comme le coefficient de proportionnalité de μ_1 ne peut être nul, puisque, ainsi qu'on peut le voir ci-dessus, sa valeur se compose de tous termes de même signe, il faut nécessairement que l'on ait: $\mu_1 = 0$,

d'où il découle immédiatement :

$$M'_r - M''_r = 0,$$

$$\mu_r = 0,$$

$$2q_r + \theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r = 0,$$

or (*voir fig. 9, pl. 234*) :

$$\theta'_{r+1} - \theta''_{r+1} = 2q_r + \theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r = 0,$$

d'où finalement : $$M'_r = M''_r,$$
$$\mu_r = 0,$$
$$\theta'_r = \theta''_r,$$

et, par conséquent : $$q_r = \frac{1}{2}(P'_r - P''_r),$$

résultats très simples qui, nous le verrons ci-après au n° 13, se rapprochent tellement de ceux mathématiquement exacts fournis par les équations [15] et [16], qu'il n'y a pas d'erreur pratiquement appréciable de les prendre comme bases du calcul de la poutre; cela revient à dire qu'on peut, sans erreur pratique, négliger les déformations dues aux efforts directs et ne tenir compte que des déformations par flexion et, dans ce cas, pour déterminer les valeurs des μ et q, il est inutile de résoudre les équations [15] et [16] ci-dessus, on les a immédiatement et *a priori*, car :

$$\mu_r = 0,$$
$$q_r = \frac{1}{2}(P'_r - P''_r).$$

Il faut, pour l'évaluation de q_1 et q_{n+1}, tenir compte que, sur les appuis : $P''_1 = -R_1$, $P''_{n+1} = -R_2$.

Nous étions arrivés à ces mêmes résultats lors de la première étude de notre système, voir notre publication : *Longerons en treillis et longerons à arcades*, chap. II, § 1 à 5.

11. — *Équation* $\delta'_x = \delta''_x$.

$$\delta'_x = -\mu_r\left(\frac{H^2}{8EI_m} + \frac{HD}{2EI_c}\right) + \mu_{r+1}\frac{H^2}{8EI_m} + \pi_r\left(\frac{H}{2\Omega_m G} + \frac{D}{\Omega_c E} + \frac{H^3}{24EI_m} + \frac{DH^2}{4EI_c}\right) -$$
$$- \pi_{r+1}\left(\frac{H}{2\Omega_m G} + \frac{H^3}{24EI_m}\right) - M'_r\frac{HD}{2EI_c} + \frac{ND}{E\Omega_c} - (q_r + \theta'_r - P'_r)\frac{HD^2}{4EI_c},$$

$$\delta''_x = -\mu_r\left(\frac{H^2}{8EI_m} + \frac{HD}{2EI_c}\right) + \mu_{r+1}\frac{H^2}{8EI_m} - \pi_r\left(\frac{H}{2\Omega_m G} + \frac{D}{\Omega_c E} + \frac{H^3}{24EI_m} + \frac{DH^2}{4EI_c}\right) +$$
$$+ \pi_{r+1}\left(\frac{H}{2\Omega_m G} + \frac{H^3}{24EI_m}\right) + M''_r\frac{HD}{2EI_c} - \frac{ND}{\Omega_c E} - (q_r - \theta''_r + P''_r)\frac{HD^2}{4EI_c},$$

d'où l'équation :

$$\pi_r\left(\frac{H}{\Omega_m G} + \frac{2D}{\Omega_c} + \frac{H^3}{12I_m} + \frac{DH^2}{2I_c}\right) - \pi_{r+1}\left(\frac{H}{\Omega_m G} + \frac{H^3}{12I_m}\right) - (M'_r + M''_r)\frac{HD}{2I_c} +$$
$$+ N\frac{2D}{\Omega_c} - (\theta'_r + \theta''_r - P'_r - P''_r)\frac{HD^2}{4I_c} = 0.$$

Désignant par T_r l'effort tranchant agissant dans la poutre immédiatement à droite du montant n° r, et par M_r le moment fléchissant au droit de l'axe de ce montant, on a :

$$+ M_r = + M'_r + M''_r + NH,$$

$$+ T_r = + \theta'_r + \theta''_r - P'_r - P''_r,$$

et l'équation ci-dessus résolue par rapport à π_{r+1} nous donne :

$$\pi_{r+1} = \pi_r \left[1 + \frac{6 \frac{D}{H} \frac{I_m}{I_c} + 24 \frac{I_m}{\Omega_c} \frac{D}{H^3}}{1 + 12 \frac{1}{H^2} \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}} \right] + N \frac{6 \frac{D}{H} \frac{I_m}{I_c} + 24 \frac{I_m}{\Omega_c} \frac{D}{H^3}}{1 + 12 \frac{1}{H^2} \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}} -$$

$$- \left(T_r + \frac{2M_r}{D} \right) \frac{3 \frac{D^2}{H^2} \frac{I_m}{I_c}}{1 + 12 \frac{1}{H^2} \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}}.$$

Posons : $$\gamma = \frac{3 \frac{D^2}{H^2} \frac{I_m}{I_c}}{1 + 12 \frac{1}{H^2} \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}} = \frac{3D^2 \frac{I_m}{I_c}}{H^2 + 12 \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}},$$

$$\lambda = \frac{6 \frac{D}{H} \frac{I_m}{I_c} + 24 \frac{I_m}{\Omega_c} \frac{D}{H^3}}{1 + \frac{12}{H^2} \frac{I_m}{\Omega_m} \frac{E}{G}} = \gamma \times \frac{2 \left(H^2 + 4 \frac{I_c}{\Omega_c} \right)}{DH},$$

$$A_r = \left(T_r + \frac{2M_r}{D} \right) \gamma,$$

et notons que : $$N = \sum_1^{r-1} \pi,$$

l'équation ci-dessus devient :

$$\pi_{r+1} = \pi_r (1 + \lambda) + \lambda \sum_1^{r-1} \pi - A_r,$$

ou bien encore : $$\pi_{r+1} = \pi_r + \lambda \sum_1^{r} \pi - A_r, \qquad [20]$$

γ et λ sont des constantes à déterminer une fois pour toutes car elles ne dépendent que des dimensions de la poutre.

A_r dépend de la répartition des charges.

L'équation [20] nous donne un π quelconque en fonction de

tous les π qui précèdent, et comme conséquence en fonction de π_1, en effet, faisant $r = 2$, on a :

$$\pi_2 = (1 + \lambda)\pi_1 - A_1,$$

faisant $r = 3$,

$$\pi_3 = \pi_2 + \lambda(\pi_1 + \pi_2) - A_2 = (1 + \lambda)[(1 + \lambda)\pi_1 - A_1] + \lambda\pi_1 - A_2,$$

et ainsi de suite jusqu'au dernier, celui π_{n+1}.

Pour achever la détermination, il ne reste qu'à trouver π_1, il sera donné par la troisième équation statique, somme des composantes horizontales égale à zéro :

$$\sum_1^{n+1} \pi = 0,$$

équation dans laquelle on remplacera $\pi_2, \pi_3, \ldots \pi_{n+1}$ en fonction des valeurs de π_1 trouvées ci-dessus, et on aura ainsi une seule équation ne contenant que la seule inconnue π_1.

12. — Si la charge est symétrique et que le nombre de panneaux est pair, la valeur de π_1 peut être obtenue plus simplement par l'équation :

$$\pi_{\frac{n}{2}+1} = 0,$$

qui exprime que, sur le montant du milieu, la sollicitation horizontale est nulle.

Si, dans le cas de charge symétrique, le nombre des panneaux est impair, la valeur de π_1 est donnée par l'équation :

$$\pi_{\frac{n+1}{2}} = - \pi_{\frac{n+1}{2}+1},$$

qui exprime que les deux montants du panneau central sont également sollicités.

Nous appelons l'attention sur l'extrême simplicité de l'équation [20] trouvée par M. Andruzzi ; moyennant cette équation le calcul des poutres de notre système devient tout aussi aisé que celui des poutres articulées en treillis.

Il est à noter que la valeur des π est indépendante de celles des μ et q, donc que celles-ci soient évaluées rigoureusement par la méthode des n°s 7 à 9 ou approximativement par celle du n° **10**, cela n'a aucune influence sur les π.

L'équation [20], toute simple qu'elle est, peut toutefois encore être simplifiée, nous indiquons cette simplification ci-après au § 3.

§ 2. — Application numérique.

13. — Dans son mémoire (publication H ci-avant), M. Andruzzi a appliqué ses formules au pont de 31,50 *m* que nous avons construit et essayé en 1897 dans le parc de Tervueren-lez-Bruxelles, pont dont le calcul et les détails d'exécution sont dans notre publication B.

Les essais de ce pont sont résumés au n° 4 ci-avant et les détails sont donnés et discutés dans les publications C, D et E.

La figure 12 planche 234 donne une vue d'ensemble du longeron principal avec quelques coupes des membrures; les valeurs moyennes des sections et moments d'inertie sont (voir notre publication B, page 33) :

$$I_m = 0{,}00134,$$
$$\Omega_m = 0{,}01890,$$
$$I_c = 0{,}00158,$$
$$\Omega_c = 0{,}02350.$$

Nous supposons une charge uniforme correspondant à 11 600 *kg* sur chaque montant *(fig. 13, pl. 234)*, le tablier est supérieur.

Nous avons noté ci-avant que les équations donnant les π sont indépendantes des valeurs des μ et q, mais que les valeurs des μ et q sont solidaires les unes des autres; on peut donc commencer le calcul par les π et puis le groupe des μ et q, ou bien faire l'inverse.

14. — *Calcul des* π. — Nous appliquons l'équation [20] du n° 11 :

$$\pi_{r+1} = \pi_r + \lambda \sum_1^r \pi - A_r.$$

Les valeurs trouvées par M. Andruzzi pour γ et λ sont :

$$\gamma = 2.76564, \qquad \lambda = 4.883.$$

On a le tableau suivant :

Efforts tranchants.	Moments.	A
$T_1 = 46400$	$M_1 = 0$	$A_1 = 128\,325{,}719$
$T_2 = 34800$	$M_2 = 162\,400$	$A_2 = 352\,895{,}728$
$T_3 = 23200$	$M_3 = 284\,200$	$A_3 = 513\,302{,}877$
$T_4 = 11\,600$	$M_4 = 365\,400$	$A_4 = 609\,547{,}166$
$T_5 = 0$	$M_5 = 406\,000$	$A_5 = 641\,628{,}596$

De là on déduit la série des valeurs de π_2, π_3, π_4, π_5 et π_6 en fonction de π_1, et, en vertu de la symétrie de sollicitation du pont, on a l'équation :

$$\pi_5 = - \pi_6,$$

d'où on déduit : $$\pi_1 = 28\,866{,}58 \; kg,$$

et, remontant la série des π et y substituant la valeur de π_1, on trouve :

$$\pi_2 = 41\,498 \; kg,$$

$$\pi_3 = 32\,183 \; kg,$$

$$\pi_4 = 19\,611 \; kg,$$

$$\pi_5 = 6\,560 \; kg,$$

valeurs analogues à celles que nous avons trouvées lors de notre premier calcul de ce pont (voir notre publication B, p. 33).

Un calcul semblable et presque aussi rapide donnera les valeurs de π dans le cas de surcharge recouvrant une partie du pont.

15. *Calcul des μ et q.* — M. Andruzzi a résolu au grand complet les équations [15] et [16] combinées avec celles [17] et [18] des nos 8 et 9 ci-avant et il a trouvé :

Moments à mi-hauteur.	Effort vertical sur montants.
$\mu_1 = 386$ *kgm*	$q_1 = 28\,736$ *kg*
$\mu_2 = 105$ —	$q_2 = 6\,222$ —
$\mu_3 = 71$ —	$q_3 = 5\,653$ —
$\mu_4 = 67$ —	$q_4 = 5\,836$ —
$\mu_5 = 56$ —	$q_5 = 5\,753$ —

Le sens de ces moments est indiqué figure **13**, planche **34**.

Combinant les valeurs des μ avec celles des π, on trouve que sur chaque montant le point d'inflexion est à quelques millimètres seulement de la section à mi-hauteur, les distances exactes sont données ci-dessous :

Numéro du montant	$\frac{\mu}{\pi}$	Distance du point d'inflexion à la section à mi-hauteur du montant.
1	$\frac{386}{28\,867}$	= 13 *mm* au-dessus de la mi-hauteur.
2	$\frac{105}{41\,498}$	= 2,5 *mm* — —
3	$\frac{71}{32\,183}$	= 2 *mm* au-dessous —
4	$\frac{67}{19\,611}$	= 3,5 *mm* — —
5	$\frac{56}{6\,560}$	= 8,5 *mm* — —

Ces valeurs, se montant à quelques millimètres, montrent que l'on peut *a priori* appliquer les résultats du n° 10 ci-avant :

$$\mu_r = 0,$$

$$q_r = \frac{1}{2}(P'_r - P''_r),$$

dans le cas actuel elles donnent :

$$q_1 = \frac{1}{2}(P'_1 + R_1) = 29\,000\ kg,$$

$$q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = 5\,800\ kg,$$

valeurs qui, comparées à celles exactes, fournissent la preuve chiffrée de l'influence absolument négligeable des déformations par traction, compression et cisaillement, en présence de celles par flexion.

De là découle la conclusion pratique que la détermination des μ et des q n'exige la résolution d'aucune équation, on les connait *a priori* :

$$\mu_r = 0, \qquad q_r = \frac{1}{2}(P'_r - P''_r).$$

16. — Puisque les effets des déformations par efforts directs peuvent être négligés quand il s'agit du calcul des μ et q, il parait assez naturel qu'on puisse les négliger dans le calcul des

π. Voyons ce qui en est : dans ce cas les constantes γ et λ du n° **11** deviennent :

$$\gamma = 3\,\frac{D^2}{H^2}\times\frac{I_m}{I_c} = 3\times\frac{\overline{3.5}^2}{3^2}\times\frac{0{,}00134}{0{,}00158} = 3.46308,$$

$$\lambda = 6\,\frac{D}{H}\times\frac{I_m}{I_c} = 6\times\frac{3.5}{3}\times\frac{0{,}00134}{0{,}00158} = 5.93671.$$

Les valeurs de T et de M sont les mêmes que ci-dessus au n° **14**, et les valeurs de A deviennent :

$$A_1 = 160\,694{,}8,$$
$$A_2 = 441\,910{,}7,$$
$$A_3 = 642\,779{,}2,$$
$$A_4 = 763\,300{,}3,$$
$$A_5 = 803\,474{,}0,$$

et appliquant l'équation [20] :

$$\pi_{r+1} = \pi_r + \lambda\sum_1^r\pi - A_r,$$

Nous obtenons :

$$\pi_1 = 29\,413\ kg$$
$$\pi_2 = 43\,336$$
$$\pi_3 = 33\,151$$
$$\pi_4 = 20\,235$$
$$\pi_5 = 6\,752$$

valeurs qui, comparées à celles exactes données ci-dessus au n° **14**, n'en diffèrent que de **1** à **5** 0/0 au maximum ; nouvelle preuve que les déformations par traction, compression et cisaillement sont pratiquement d'une importance nulle en présence de celles par flexion.

§ 3. — Influence des valeurs du moment d'inertie.

17. — Les Ingénieurs qui liront les théories des chapitres I et II ci-avant se feront assez naturellement la réflexion qu'il est assez délicat de déterminer les valeurs moyennes de I_m et I_c et que si l'exactitude des valeurs de π en dépend, elle sera toujours très sujette à caution, car aucune règle n'existe pour la détermination de ces moyennes ; mais précisément nous avons trouvé que les valeurs de I_m et I_c n'ont guère d'influence sur

celles de π ; quiconque a l'intuition de la façon de résister des constructions métalliques soupçonne la chose *a priori*, mais il convient d'en faire la vérification.

Notons d'ailleurs, ainsi que déjà nous l'avons fait remarquer dans notre publication E, p. 24, que ce sont les *rapports* des sections et moments d'inertie qui interviennent dans l'équation des π, et non les valeurs mêmes, et par le fait que ce sont des rapports, la valeur propre des Ω et des I perd déjà beaucoup de son influence ; toutefois, vérifions la chose de plus près et, au lieu de prendre pour I_m et I_c les moyennes du n° 13, prenons :

$$I_m = 0{,}00120 \text{ en place de } 0{,}00134$$

$$I_c = 0{,}00160 \text{ en place de } 0{,}00158$$

voilà évidemment, dans la détermination des moyennes, une erreur comme il n'est pas possible d'en commettre de plus forte ; nous avons :

$$\gamma = 3 \times \frac{\overline{3{,}5}^2}{3^2} \times \frac{0{,}0012}{0{,}0016} = \frac{12{,}25}{4} = 3{,}0625$$

$$\lambda = 6 \times \frac{3{,}5}{3} \times \frac{0{,}0012}{0{,}0016} = \frac{21}{4} = 5{,}25$$

$$A_1 = \frac{568\,400}{4}$$

$$A_2 = \frac{1\,563\,100}{4}$$

$$A_3 = \frac{2\,273\,600}{4}$$

$$A_4 = \frac{2\,699\,900}{4}$$

$$A_5 = \frac{2\,842\,000}{4}$$

et nous obtenons pour les π :

$$\pi_1 = 29\,611$$

$$\pi_2 = 42\,962$$

$$\pi_3 = 33\,215$$

$$\pi_4 = 20\,225$$

$$\pi_5 = 6\,853$$

c'est-à-dire très sensiblement les mêmes valeurs que celles obtenues ci-dessus au n° 16, pour d'autres valeurs des moments d'inertie.

*
* *

18. — Mais poussons les choses plus loin encore, et, sans nous attarder à calculer des moyennes pour I_m et I_r, posons *a priori* :

$$\frac{I_m}{I_r} = 1$$

dans ce cas, les constantes deviennent :

$$\gamma = \frac{3D^2}{H^2} = \frac{12,25}{3} = 4,08333$$

$$\lambda = \frac{6D}{H} = 7$$

Nous obtenons les valeurs :

$A_1 = \frac{568\,400}{3}$	$\pi_1 = 29\,158$ *kg*
$A_2 = \frac{1\,563\,100}{3}$	$\pi_2 = 43\,795$
$A_3 = \frac{2\,273\,600}{3}$	$\pi_3 = 33\,430$
$A_4 = \frac{2\,699\,900}{3}$	$\pi_4 = 20\,255$
$A_5 = \frac{2\,842\,000}{3}$	$\pi_5 = 6\,762$

c'est-à-dire pour les π des valeurs qui ne diffèrent guère de celles trouvées aux n°s 16 et 17.

*
* *

19. — Établissons maintenant un tableau récapitulatif des divers systèmes de valeurs obtenues pour les π selon les valeurs admises pour les moments d'inertie :

Calcul complet	Calcul en faisant abstraction des déformations par traction, compression et cisaillement		
N° 14 — $I_m = 0,00134$ $\Omega = 0,01890$; $I_c = 0,00158$ $\Omega_r = 0,02350$; $\gamma = 2,76564$; $\lambda = 4,883$	N° 16 — $I_m = 0,00134$; $I_r = 0,00158$; $\gamma = 3,46308$; $\lambda = 5,93671$	N° 17 — $I_m = 0,00120$; $I_r = 0,00160$; $\gamma = 3,0625$; $\lambda = 5,25$	N° 18 — $\frac{I_m}{I_r} = 1$; $\gamma = 4,08333$; $\lambda = 7$
$\pi_1 = 28\,867$	29 413	29 611	29 158
$\pi_2 = 41\,498$	43 336	42 962	43 795
$\pi_3 = 32\,183$	33 151	33 215	33 430
$\pi_4 = 19\,611$	20 235	20 225	20 255
$\pi_5 = 6\,560$	6 752	6 853	6 762

Des résultats analogues à ceux de ce tableau se rencontrent dans le calcul de n'importe quel pont.

Les conclusions qui découlent de l'examen de ce tableau, en ce qui concerne le calcul des π, sont :

1° Il est permis, sans erreur pratique, de faire abstraction des déformations dues aux efforts directs.

2° Il est inutile de rechercher les valeurs exactes des moments d'inertie des montants et des brides, on peut, *à priori*, poser $I_m = I_c$.

De ces deux conclusions, il découle que les valeurs des constantes sont :

$$\gamma = 3\frac{D^2}{H^2} \qquad \lambda = 6\frac{D}{H}$$

et l'équation que finalement nous proposons pour la solution des ponts à brides parallèles de notre système prend la forme excessivement simple :

$$\pi_{r+1} = \pi_r + \frac{6D}{H}\sum_1^r \pi - (DT_r + 2M_r)\frac{3D}{H^2} \qquad [21]$$

On ne doit, d'ailleurs, pas s'étonner outre mesure que les π soient indépendants (pratiquement parlant) des valeurs des sections des membrures du longeron, puisque nous avons vu aux nos 10 et 15 que la même chose existe pour les μ et les q.

20. — De l'étude que nous venons de faire, il résulte que, connaissant la longueur et la hauteur d'un longeron de notre système, on est à même de déterminer les μ, q et π, et par conséquent déterminer les sections et moments d'inertie à donner aux diverses membrures ; c'est-à-dire donc que le calcul de nos longerons est un calcul direct (tout comme pour le treillis articulé) et non plus un simple calcul de vérification.

§ 4. — Charges entre montants.

21. — Le cas de charges entre les montants se présente assez fréquemment, et nous allons examiner le plus usuel, celui où les traverses du pont viennent s'assembler sur les montants et au milieu de l'intervalle qui les sépare, tel la figure **14**, planche **234** ; nous isolons un panneau de ce longeron et le coupons en deux tronçons par un plan à mi-hauteur, ce qui nous donne la figure **15**.

En conformité avec les résultats obtenus aux n^{os} **10**, **15** et **16**, nous établirons nos équations en faisant abstraction des déformations par traction, compression et cisaillement, nous ne tiendrons compte que des déformations par flexion.

L'égalité [**12**] du n° 6 nous donne :

$$q_r \frac{D^2}{I_c} + \mu_r \left(\frac{H}{I_m} + \frac{2D}{I_r}\right) - \mu_{r+1} \frac{H}{I_m} + \left(\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r + \frac{1}{4} P_r\right) \frac{D^2}{2I_r} +$$

$$+ (M'_r - M''_r) \frac{D}{I_c} = 0.$$

L'égalité [**11**] donne :

$$q_r \frac{2}{3} \frac{D^2}{I_c} + \mu_r \frac{D}{I_c} - \mu_{r+1} \frac{H}{I_m} + \left(\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r + \frac{5}{16} P_r\right) \frac{D^2}{3I_c} +$$

$$+ (M'_r - M''_r) \frac{D}{2I_c} = 0.$$

de ces deux équations nous tirons :

$$\mu_{r+1} = - \mu_r \left(2 + \frac{DI_m}{HI_c}\right) - (M'_r - M''_r) \frac{DI_m}{2HI_c} + P_r \frac{D^2 I_m}{16HI_c}, \quad [22]$$

$$q_r = -\mu_r \left(1 + \frac{HI_c}{DI_m}\right) \frac{3}{D} - (M'_r - M''_r) \frac{3}{2D} - \frac{1}{2} \left(\theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r + \frac{1}{8} P_r\right). \quad [23]$$

D'autre part les équations de la statique, appliquées au panneau de la figure 15, nous donnent :

$$\theta'_{r+1} - \theta''_{r+1} = 2q_r + \theta'_r - \theta''_r - P'_r + P''_r + P_r, \qquad [24]$$

$$\left. \begin{aligned} M'_{r+1} - M''_{r+1} = 2Dq_r + 2\mu_r + M'_r - M''_r + D(\theta'_r - \theta''_r) + \\ + D\left(-P'_r + P''_r + \frac{1}{2}P_r\right). \end{aligned} \right\} \qquad [25]$$

Les quatre équations [22] à [25] résolues de panneau à panneau depuis le premier jusqu'au dernier donnent tous les μ et tous les q en fonction de μ_1 et q_1 ; arrivé à ce point on considère l'ensemble d'un demi-tronçon de longeron, celui supérieur par exemple, la statique donne :

$$\sum_1^{n+1}(q - P') = 0,$$

$$\sum_1^{n+1}\mu + \sum_1^{n+1}\text{mom. }(q - P') = 0,$$

deux équations où tous les μ et q d'indice supérieur à 1 peuvent être remplacés en fonction de μ_1 et q_1, et qui, par conséquent, déterminent ces deux dernières inconnues et comme conséquence, toutes les autres.

Dans le cas actuel les deux brides sont sollicitées différemment, puisque celle inférieure porte des charges P_r que ne porte pas celle supérieure, il en résulte qu'elles se déforment différemment et que, par conséquent, les μ ne sont pas nuls, ainsi que c'est le cas lorsque les charges sont au droit des montants ; il en résulte encore que les q n'ont pas la valeur très simple trouvée ci-avant au nº 10; nous nous rendrons compte des différences en traitant au nº 23 ci-après un exemple chiffré.

22. — L'égalité des déplacements des sections A et E *(fig. 15)* suivant l'axe des x, c'est-à-dire l'équation [10] du nº 6 nous donne :

$$\pi_r\left(\frac{H^2}{12I_m} + \frac{DH}{2I_c}\right) - \pi_{r+1}\frac{H^2}{12I_m} - \left(M'_r + M''_r\right)\frac{D}{2I_c} -$$

$$- \left(\theta'_r + \theta''_r - P'_r - P''_r - \frac{1}{4}P_r\right)\frac{D^2}{4I_c} = 0,$$

d'où nous déduisons :

$$\pi_{r+1} = \pi_r \left(1 + 6\,\frac{DI_m}{HI_c}\right) - (M'_r + M''_r)\,\frac{6DI_m}{H^2I_c} -$$

$$- \left(\theta'_r + \theta''_r - P'_r - P''_r - \frac{1}{4}\,P_r\right)\frac{3D^2I_m}{H^2I_c}.$$

Nous avons : $$M'_r + M''_r = M_r - H\sum_1^{r-1}\pi,$$

$$\theta'_r + \theta''_r - P'_r - P''_r = T_r.$$

M_r est le moment fléchissant au droit du montant n° r ; T_r est l'effort tranchant immédiatement à droite ; substituant, nous avons :

$$\pi_{r+1} = \pi_r\left(1 + \frac{6DI_m}{HI_c}\right) + \frac{6DI_m}{HI_c}\sum_1^{r-1}\pi - \left(T_r - \frac{1}{4}P_r + \frac{2M_r}{D}\right)\frac{3D^2I_m}{H^2I_c}. \quad [26]$$

Cette équation, résolue de panneau à panneau depuis le premier jusqu'au dernier nous donne tous les π depuis π_2 jusqu'au π_{n+1} en fonction de π_1 ; la statique nous donne alors une dernière équation :

$$\sum_1^{n+1}\pi = 0,$$

qui détermine π_1 et, comme conséquence, tous les autres π.

Si les charges sont symétriques, on applique les simplifications indiquées au n° 12.

Introduisant dans l'équation [26] notre simplification justifiée au § 3 ci-avant, elle devient :

$$\pi_{r+1} = \pi_r\left(1 + \frac{6D}{H}\right) + \frac{6D}{H}\sum_1^{r-1}\pi - \left(T_r - \frac{1}{4}P_r + \frac{2M_r}{D}\right)\frac{3\,D^2}{H^2}. \quad [26\ bis]$$

23. *Application numérique.* — Passons à un exemple chiffré et calculons la poutre figure 16 chargée de 1 000 *kg* au droit de chaque montant et 1 000 *kg* au milieu de l'intervalle entre montants.

En vertu de la simplification justifiée aux n°s 18 et 19, nous prenons I_m I_c. Nous rechercherons tout d'abord les valeurs de π qui, d'ailleurs, sont indépendantes de μ et q.

L'équation [26] devient :

$$\pi_{r+1} = 7\pi_r + 6\sum_1^{r-1}\pi - (3T_r + 2M_r - 750).$$

Nous avons :

		$3T_r + 2M^r - 750$
$T_1 = 8500$	$M_1 = 0$	24750
$T_2 = 6500$	$M_2 = 24000$	66750
$T_3 = 4500$	$M_3 = 42000$	96750
$T_4 = 2500$	$M_4 = 54000$	114750
$T_5 = 500$	$M_5 = 60000$	120750

d'où nous tirons :

$\pi_2 = 7\pi_1 - 24750,$

$\pi_3 = 7\pi_2 + 6\pi_1 - 66750 = 55\pi_1 - 240000,$

$\pi_4 = 7\pi_3 + 6(\pi_1 + \pi_2) - 96750 = 433\pi_1 - 1925250,$

$\pi_5 = 7\pi_4 + 6(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3) - 114750 = 3409\pi_1 - 15180000.$

$\pi_6 = 7\pi_5 + 6(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4) - 120750 = 26839\pi_1 - 119520750.$

L'équation $\pi_5 + \pi_6 = 0$ nous donne :

$$30248\pi_1 - 134700750 = 0,$$

d'où, pour les valeurs de π :

$$\pi_1 = 4453,2117\ kg,$$
$$\pi_2 = 6422\ kg,$$
$$\pi_3 = 4926\ kg,$$
$$\pi_4 = 2990\ kg,$$
$$\pi_5 = 998\ kg.$$

Passons au calcul des μ et des q, les équations [22] à [25] deviennent :

$$\mu_{r+1} = -3\mu_r - \frac{1}{2}(M'_r - M''_r) + 187,5,$$

$$q_r = -2\mu_r - \frac{1}{2}(M'_r - M''_r + \theta'_r - \theta''_r) - 562,5,$$

$$\theta'_{r+1} - \theta''_{r+1} = 2q_r + (\theta'_r - \theta''_r) + 2000.$$

$$M'_{r+1} - M''_{r+1} = 6q_r + 2\mu_r + (M'_r - M''_r) + 3(\theta'_r - \theta''_r) + 4500,$$

équations qui sont applicables pour tous les panneaux, sauf le

premier où $+ P''_r$ doit être remplacé par $- R_1 = - 8\,500$ *kg*. Nous avons :

$\theta'_1 - \theta''_1 = 0,$	$M'_1 - M''_1 = 0,$
$\theta'_2 - \theta''_2 = 2q_1 - 7\,500,$	$M'_2 - M''_2 = -10\mu_1 + 1\,125,$
$\theta'_3 - \theta''_3 = 2(q_1 + q_2) - 5\,500,$	$M'_3 - M''_3 = +50\mu_1 - 3000,$
$\theta'_4 - \theta''_4 = 2(q_1 + q_2 + q_3) - 3\,500,$	$M'_4 - M''_4 = -240\mu_1 + 16\,500,$
$\theta'_5 - \theta''_5 = 2(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) - 1\,500,$	$M'_5 - M''_5 = +1\,150\mu_1 - 76\,875,$
$q_1 = -2\mu_1 + 4\,187{,}5,$	$\mu_2 = -3\mu_1 + 187{,}5,$
$q_2 = +13\mu_1 - 1\,937{,}5,$	$\mu_3 = +14\mu_1 - 937{,}5,$
$q_3 = -64\mu_1 + 3\,312{,}5,$	$\mu_4 = -67\mu_1 + 4\,500,$
$q_4 = +307\mu_1 - 21\,625,$	$\mu_5 = +321\mu_1 - 21\,562{,}5,$
$q_5 \; - 1\,471\mu_1 + 97\,812{,}5,$	$\mu_6 = -1\,538\mu_1 + 103\,312{,}5.$

L'équation $\mu_5 + \mu_6 = 0$ nous donne la valeur de μ_1 et, de proche en proche, toutes les valeurs des μ et des q, d'où le tableau :

$\mu_1 = +67{,}17321,$	$q_1 = +4\,053{,}5$ *kg*,
$\mu_2 = -14{,}0,$	$q_2 = -1\,065,$
$\mu_3 = +3{,}3,$	$q_3 = -986,$
$\mu_4 = -2{,}4,$	$q_4 = -1\,004,$
$\mu_5 = +0{,}1,$	$q_5 = -999,$
$\mu_6 = -0{,}1,$	

La sollicitation de la poutre se présente donc comme indiquée par la figure **17**, planche 235.

On voit que sur le montant n° **1**, le point d'inflexion est à **15** *mm* de la section à mi-hauteur $\left(\frac{67}{4\,453} = 0{,}015\right)$, et que pour les autres montants, la distance ne dépasse pas **1** à **2** *mm*; on voit aussi que, sur les divers montants, la valeur de q diffère très peu de la moitié de la charge correspondant à chaque montant; ces résultats se retrouvent pour n'importe quel pont; de

tout quoi il résulte que pour calculer une poutre portant des charges entre les montants (telles celles figures 14 et 16), on peut, en pratique, s'épargner de calculer les valeurs de μ et q, et prendre *a priori* :

$$\mu = 0, \qquad q_r = \frac{P'_r - P''_r - P_r}{2},$$

tout comme lorsque les charges sont toutes au droit des montants ; cette conclusion provient de ce que la différence de flexion entre les deux brides est tellement minime que, pratiquement, elle est négligeable ; cela se conçoit d'ailleurs, car la flexion provoquée par P_r sur la portée D allant d'un montant à l'autre (*fig. 15*) est évidemment très faible en présence de la flexion d'ensemble de la poutre.

24. — Recherchons, à titre de curiosité, quelles seraient les valeurs de μ, q et π si les charges 1 000 *kg* portées entre montants (*fig. 16*) étaient réparties par moitié sur les montants voisins, ce qui nous donnerait le mode de chargement indiqué par la figure 18, planche 235.

Nous avons immédiatement :

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = 0,$$
$$q_1 = 4\,000\ kg,$$
$$q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = 1\,000\ kg.$$

Les valeurs de π sont données par :

$$\pi_{r+1} = 7\pi_r + 6\sum_1^{r-1}\pi - (3T_r + 2M_r),$$

d'où le tableau ci-dessous :

EFFORTS TRANCHANTS	MOMENTS	$3T_r + 2M_r$		
$T_1 = 8000$	$M_1 = 0$	24 000	$\pi_2 = 7\pi_1 - 24\,000$	$\pi_1 = 4\,344{,}0889\ kg$
$T_2 = 6000$	$M_2 = 24\,000$	66 000	$\pi_3 = 55\pi_1 - 234\,000$	$\pi_2 = 6\,408$
$T_3 = 4000$	$M_3 = 42\,000$	96 000	$\pi_4 = 433\pi_1 - 1\,878\,000$	$\pi_3 = 4\,925$
$T_4 = 2000$	$M_4 = 54\,000$	114 000	$\pi_5 = 3\,409\,\pi_1 - 14\,808\,000$	$\pi_4 = 2\,990$
$T_5 = 0$	$M_5 = 60\,000$	120 000	$\pi_6 = 26\,839\,\pi_1 - 116\,592\,000$	$\pi_5 = 999$
			$\pi_5 + \pi_6 = 0$	

La sollicitation se présente donc comme indiquée par la figure 18 et on voit que cette sollicitation est très peu différente de celle figure 17, ce qui, en somme, doit être.

§ 5. — Calcul du pont d'Avelghem.

25. — Nous donnons (*fig. 19*) quelques détails d'un pont-route à exécuter sur l'Escaut, à Avelghem (Belgique), pont en fer de 42 *m* de portée d'axe en axe des rotules d'appui.

La chaussée a 2,50 *m*, elle est bordée de deux trottoirs de 1 *m*, soit 4,50 *m* de largeur entre longerons; les longerons ont une hauteur totale de 6,055 *m* afin de pouvoir établir un contreventement supérieur. La chaussée est en pavés de porphyre de 15 *cm* de hauteur posés sur ciment et sur platelage en fers Vautherins; les trottoirs sont en dalles de petit granit de 10 *cm* d'épaisseur.

Le pont est calculé pour une surcharge de 400 *kg* par mètre carré, soit 4,5 × 400 = 1 800 *kg* le mètre courant; il doit aussi pouvoir livrer passage à un chariot de 18 *t*.

Le poids total du fer entrant dans la construction est de 105 *t*.

Le poids mort du pont par mètre courant se détaille comme suit :

Pavés, ciment, dalles de trottoirs et briques de support de ces dalles.	2 392 *kg*
Fers Vautherins.	238
Traverses.	270
Contreventements, garde-corps	330
Total.	3 230 *kg*
Soit par mètre courant de longeron	1 615 *kg*
Poids mort du longeron	800
Poids mort total.	2 415 *kg*
Surcharge d'épreuve : $\frac{4,5 \times 400}{2}$ = ...	900
Charge maximum par mètre courant.	3 315 *kg*

Les traverses du tablier sont distantes de 1,75 *m*, il y a une traverse au droit de chaque montant et une au milieu de l'intervalle des montants; la charge locale maximum correspondant à chaque traverse est de :

$$3\,315 \times 1,75 = 5\,801\ kg, \text{ soit } 5\,800\ kg.$$

* * *

26. — Nous allons calculer les valeurs de π pour la surcharge recouvrant tout le pont, la formule à appliquer est celle [26 *bis*] du n° 22 :

$$\pi_{r+1} = \pi_r\left(1 + \frac{6D}{H}\right) + \frac{6D}{H}\sum_1^{r-1}\pi - \left(T_r + \frac{2M_r}{D} - \frac{1}{4}P_r\right)\frac{3D^2}{H^2}.$$

Les montants sont écartés de 3,50 *m* d'axe en axe, et la hauteur H d'axe à axe des brides est d'environ 5,50 *m*.

Nous avons :

$$\frac{6D}{H} = \frac{6 \times 3,5}{5,5} = 3,8;$$

$$\frac{3D^2}{H_2} = \frac{\overline{3,8}^2}{12} = \frac{3,61}{3};$$

$$\frac{1}{4}P_r = \frac{5\,800}{4} = 1\,450\ kg.$$

La formule devient :

$$\pi_{r+1} = 4,8\pi_r + 3,8\sum_1^{r-1}\pi - \frac{3,61}{3}\left(T_r + \frac{2}{3,5}M_r - 1\,450\right).$$

Nous avons le tableau :

		$\left(T_r + \frac{2}{3,5}M_r - 1\,450\right)\frac{3,61}{3}$
$T_1 =$ 66 700 *kg*	$M_1 = 0$	78 517,5
$T_2 =$ 55 100	$M_2 =$ 223 300	218 104,2
$T_3 =$ 43 500	$M_3 =$ 406 000	329 773,5
$T_4 =$ 31 900	$M_4 =$ 548 100	413 525,5
$T_5 =$ 20 300	$M_5 =$ 649 600	469 360,2
$T_6 =$ 8 700	$M_6 =$ 710 500	497 277,5
$T_7 = -$ 2 900	$M_7 =$ 730 800	

Les équations deviennent :

$\pi_1 = \pi_1;$

$\pi_2 = 4,8\pi_1 - 78\,517,5;$

$\pi_3 = 4,8\pi_2 + 3,8\pi_1 - 218\,104,2 = 26,84\pi_1 - 594\,988,2;$

$\pi_4 = 4,8\pi_3 + 3,8(\pi_1 + \pi_2) - 329\,773,5 =$
$= 150\,872\pi_1 - 3\,484\,083,36;$

$$\pi_5 = 4{,}8\pi_4 + 3{,}8\,(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3) - 413\,525{,}5 =$$
$$= 848{,}2176\pi_1 - 19\,696\,447{,}288\,;$$

$$\pi_6 = 4{,}8\pi_5 + 3{,}8\,(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4) - 469\,360{,}2 =$$
$$= 4\,768{,}79008\pi_1 - 110\,811\,145{,}6104\,;$$

$$\pi_7 = 4{,}8\pi_6 + 3{,}8\,(\pi_1 + \ldots + \pi_5) - 497\,277{,}5 =$$
$$= 26\,810{,}76486\pi_1 - 623\,036\,114{,}558.$$

Égalant la valeur de π_7 à 0, on en tire π_1, et puis on détermine tous les π de l'indice 2 à l'indice 6, on a :

$$\pi_1 = 23\,238{,}281\ kg\,;$$
$$\pi_2 = 33\,026\ kg\,;$$
$$\pi_3 = 28\,728$$
$$\pi_4 = 21\,925$$
$$\pi_5 = 14\,697$$
$$\pi_6 = 7\,337$$
$$\pi_7 = 0$$

Pour les μ et les q, nous avons immédiatement $\mu = 0$ et $q = 5\,800\ kg$ d'après les formules exposées au n° 23.

* * *

27. — *Fatigues sur les montants* — L'élargissement des montants commence à environ 1,70 *m* de leur milieu, c'est en cette section que nous avons à évaluer les fatigues; le profil des sections des divers montants est donné figure 19, planche 235; nous avons le tableau suivant :

NUMÉRO DU MONTANT	HAUTEUR DE L'AME	Nombre de plats 320 × 10 utiles à la distance 1m70 comptée à partir de la mi-hauteur	Ω	$\frac{1\,000\,000\,I}{v}$	EFFORT DIRECT	MOMENT FLÉCHISSANT	FATIGUES DIRECTES	FATIGUES DE FLEXION	FATIGUES TOTALES
							kg	*kg*	*g*
1	700	2	24 300	6 560	33 350	23 200 × 1,70 = 39 440	1,4	6,0	7,4
2	700	3	29 900	8 520	5 800	33 000 × 1,70 = 56 100	0,2	6,6	6,8
3	600	3	29 450	7 840	5 800	28 700 × 1,70 = 48 790	0,2	6,3	6,5
4	600	2	23 400	5 480	5 800	21 900 × 1,70 = 37 230	0,3	6,8	7,1
5	500	2	22 500	4 400	5 800	14 700 × 1,70 = 24 990	0,3	5,7	6,0
6	500	1	16 900	3 000	5 800	7 340 × 1,70 = 12 478	0,4	4,1	4,5
7	500	1	16 900	3 000	5 800		0,4		

Les Ω et I sont calculés en déduisant les trous de rivets.

*
* *

28. — *Fatigues sur les brides.* — Chaque bride se présente avec la sollicitation telle que indiquées par la figure 20, planche 235, cela découle des résultats donnés ci-avant, nº 26.

Nous nous occuperons de la bride inférieure ; elle porte sur sa demi-longueur 12 charges de 5 800 *kg* et est soumise aux réactions horizontales π trouvées ci-dessus.

Les charges verticales donnent le polygone parabolique (*fig. 1 de la pl. A*), les réactions π horizontales donnent la ligne en escalier en traits interrompus.

La différence entre les ordonnées de la parabole et de la ligne en escalier mesure les moments fléchissants sur la bride ; nous notons sur le diagramme le moment maximum dans chaque panneau là où commence l'arrondi, c'est-à-dire où commence l'augmentation de hauteur de la section courante de la bride ; le profil de cette section courante est donné figure 2, planche A, ce profil est constant d'un bout à l'autre du pont.

Les fatigues maximum sont données au tableau suivant :

BRIDE du PANNEAU Nº	EFFORT DIRECT	MOMENT FLÉCHISSANT	FATIGUES		
			DIRECTES	de FLEXION	TOTALES
I	$\pi_1 = 23\,238$	25 000	1 *kg*	5 *kg*	6 *kg*
II	$\pi_1 + \pi_2 = 56\,264$	23 100	2,5	4,6	7,1
III	$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 84\,992$	22 000	3,7	4,4	8,1
IV	$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 106\,917$	19 000	4,6	3,8	8,4
V	$\pi_1 + \ldots + \pi_5 = 121\,614$	15 500	5,3	3,1	8,4
VI	$\pi_1 + \ldots + \pi_6 = 128\,951$	11 000	5,6	2,2	7,8

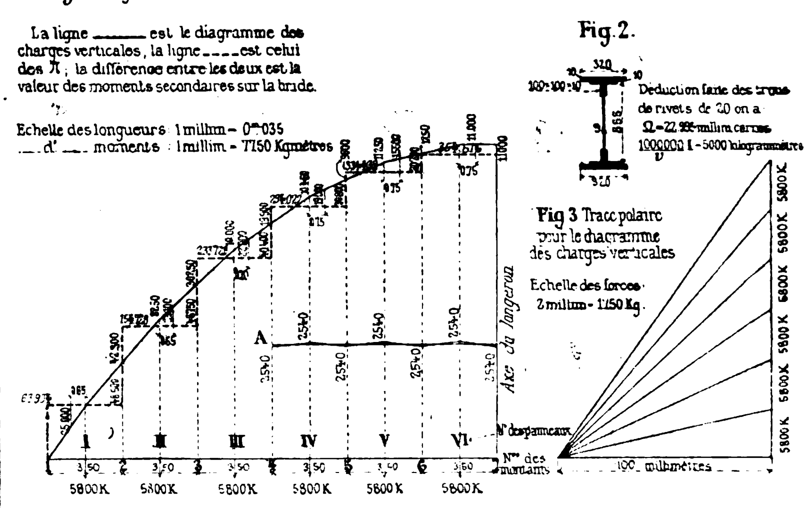
La fatigue maximum s'élève donc à 8,4 *kg* ; c'est là le maximum réel, il comprend les fatigues primaires et secondaires ; les expériences de Tervueren ont prouvé que 8,4 *kg* est une fatigue de grande sécurité, car le pont expérimenté a subi cette fatigue pendant deux mois et demi sans donner aucun signe de faiblesse et sans rien perdre de son élasticité (voir nº 4 ci-avant).

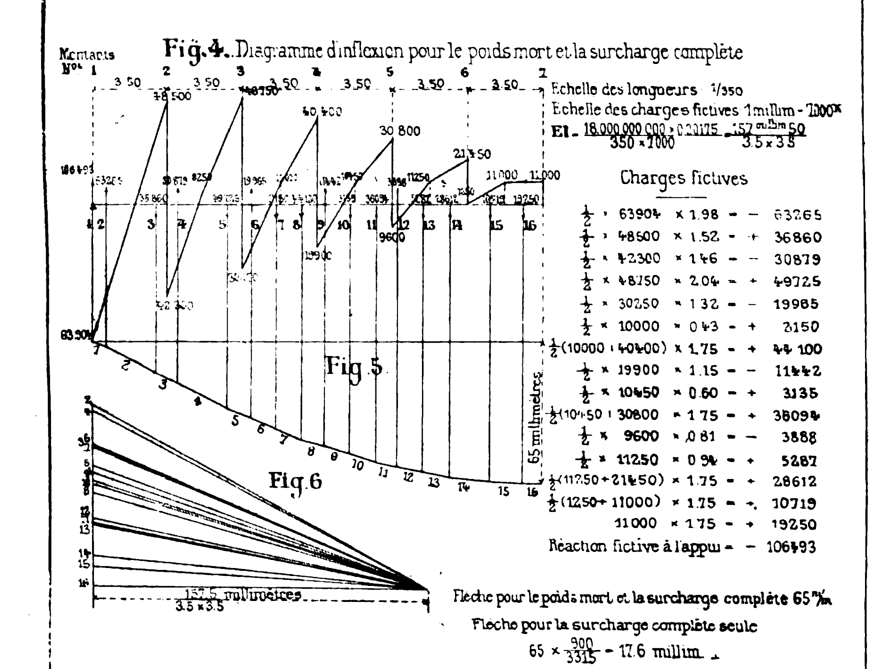
Les résultats sont absolument les mêmes pour la bride supérieure.

La bride inférieure porte, au milieu de l'intervalle des montants, une charge de 5 800 *kg*, et la porte à la façon d'une pièce

PONT A BRIDES PARALLÈLES SUR L'ESCAUT

A AVELGHEM





encastrée à ses extrémités, d'où un moment fléchissant maximum :

$$\frac{Pl}{8} = \frac{5\,800 \times 3,50}{8} = 2\,540\ kgm$$

qui agit au droit des montants et au milieu de leur intervalle, d'où le diagramme A de la figure 1, planche A, qui règne d'un bout à l'autre de la travée et montre clairement que l'effet de flexion des charges locales portées dans l'intervalle des montants est très peu de chose, comparé à la flexion d'ensemble de la poutre; on remarquera d'ailleurs que les maximum du diagramme A sont dans le voisinage des minimum du diagramme d'ensemble.

29.— *Surcharge partielle.* — Nous aurions maintenant à traiter le cas de la surcharge partielle; la marche est absolument la même que celle ci-dessus, la seule complication est que le nombre des inconnues est doublé; voici un procédé qui réduit au minimum les chiffrages à faire : soit une poutre (*fig. 21*, *Pl. 235*), surchargée partiellement; nous faisons abstraction du poids mort; on étudiera successivement les panneaux I, II, III, IV et V ce qui donnera π_2, π_3, π_4, π_5 et π_6 en fonction de π_1; puis prenant la poutre par l'autre bout on étudiera les panneaux IX, VIII, VII et VI ce qui donnera π_9, π_8, π_7, π_6 en fonction de π_{10}; on aura l'équation :

$$\pi_6 = f(\pi_1) = F(\pi_{10})$$

équation qui donne π_{10} et ensuite π_9 π_8 π_7 en fonction de π_1; l'équation statique :

$$\sum_1^{10} \pi = 0$$

donnera la valeur de π_1 et ainsi résoudra complètement le problème.

Il est d'ailleurs à noter que dans notre type de poutre la surcharge partielle ne donne généralement pas des fatigues plus élevées que la surcharge complète, car les fatigues sur les brides et les montants dépendent de l'action simultanée de l'effort tranchant et du moment fléchissant.

*
* *

30. — *Flèche.* — Nous avons au § 4 du chapitre III (p. 39) de notre publication B exposé la marche à suivre pour la détermi-

nation de la flèche des poutres de notre système, détermination qui se fait graphiquement; nous allons appliquer cette méthode au cas du pont sur l'Escaut.

Nous reproduisons le diagramme des moments de la figure 1 de la planche A en la figure 4 même planche en prenant pour ce nouveau diagramme une ligne de base horizontale.

Nous évaluons les diverses surfaces de charges (charges fictives) et déterminons la verticale de leur centre de gravité; cette verticale est la direction des charges fictive.

La section *(fig. 2, Pl. A)* est la section minimum de la bride (I = 0,00147), cette section règne sur moins de la moitié de la longueur, partout ailleurs la hauteur est plus grande que 555 *mm* du chef des congés qui relient la bride aux montants; nous avons pris comme section moyenne celle du profil *(fig. 2)* mais avec une hauteur de 600 *mm*, ce qui donne un moment d'inertie de 0,00175.

Les charges fictives sont numérotées de 1 à 16 sur le diagramme *(fig. 4)* et sont reportées sur la ligne des forces *(fig. 6)*; la distance polaire est 157,5 *mm*; appliquant la méthode connue nous obtenons *(fig. 5)* la fibre déformée de la bride avec les flèches en vraie grandeur : la flèche totale pour le poids mort et la surcharge recouvrant tout le pont est de 65 *mm*; la flèche pour la surcharge seule recouvrant tout le pont est de 17,6 *mm*.

CHAPITRE III

Poutres à brides non parallèles.

§ 1. — Calcul complet.

31. — Nous avons, au chapitre premier, posé les équations générales pour un longeron quelconque à brides parallèles ou non parallèles; nous allons maintenant serrer le problème de plus près et étudier un longeron à bride inférieure droite et bride supérieure courbe (*fig. 22, pl. 235*), ce qui est un type très fréquent, si pas le plus fréquent; nous supposerons que les charges sont appliquées au bas des montants seulement, donc au niveau du tablier.

Nous isolons un panneau quelconque et le coupons en deux

tronçons par un plan mené à mi-hauteur des montants (*fig.* 23); nous désignons par :

$\Delta x'_r$	$\Delta y'_r$	α'_r	les déplacements totaux de A ;
$\Delta x''_r$	$\Delta y''_r$	α''_r	ceux de la section E ;
$\Delta x'_{r-1}$	$\Delta y'_{r+1}$	α'_{r+1}	ceux de D ;
$\Delta x''_{r-1}$	$\Delta y''_{r+1}$	α''_{r+1}	ceux de H ;
δ'_x	δ'_y	α'	les déplacements de A par rapport à D supposé encastré, donc déplacements dus à la seule déformation du tronçon ABCD ;
δ''_x	δ''_y	α''	les déplacements de E par rapport à H supposé encastré.

Nous avons les égalités :

$$\Delta x'_{r+1} = \Delta x'_r + \alpha'_r (y_{r+1} - y_r) + \delta'_x,$$
$$\Delta y'_{r+1} = \Delta y'_r + \alpha'_r (x_{r+1} - x_r) + \delta'_y,$$
$$\alpha'_{r+1} = \alpha'_r + \alpha',$$
$$\Delta x''_{r+1} = \Delta x''_r + \alpha''_r (y_{r+1} - y_r) + \delta''_x,$$
$$\Delta y''_{r+1} = \Delta y''_r + \alpha''_r (x_{r+1} - x_r) + \delta''_y,$$
$$\alpha''_{r+1} = \alpha''_r + \alpha''.$$

En vertu de nos trois équations fondamentales [1], [2], [3] du n° 5, nous avons :

$$\Delta x'_r = \Delta x''_r, \qquad \Delta x'_{r+1} = \Delta x''_{r+1},$$
$$\Delta y'_r = \Delta y''_r, \qquad \Delta y'_{r+1} = \Delta y''_{r+1},$$
$$\alpha'_r = \alpha''_r, \qquad \alpha'_{r+1} = \alpha''_{r+1},$$

d'où, en substituant dans les égalités ci-dessus, nous tirons :

$$\delta'_x = \delta''_x,$$
$$\delta'_y = \delta''_y,$$
$$\alpha' = \alpha'',$$

exactement les mêmes équations que celles trouvées ci-avant au n° 6; nous allons les développer, mais nous admettrons immédiatement les simplifications qui ci-avant ont été justifiées pour les longerons à brides parallèles, c'est-à-dire que nous négligerons les déformations par traction, compression et cisaillement, pour ne considérer que les déformations par flexion (n° 10, n° 15, n° 16); de plus, nous admettrons que tous les montants ont la même valeur I_m et les deux brides la même valeur I_c sur toute la longueur; ces simplifications, justifiées

pour les brides parallèles, le sont évidemment aussi pour les longerons à brides non parallèles tels qu'usuellement on les emploie dans les constructions.

Les déformations du demi-panneau supérieur ABCD sont provoquées sur la portion ABC par les forces et moments appliqués en A et B de la figure 23, et sur la portion CD par les forces appliquées en C de la figure 24 ; l'analogue pour le demi-panneau inférieur EFGH (voir ci-avant le n° 6).

Equation $Ex' = Ex''$.

$$Ex'I_c = -\pi_r\left(+\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r^2}{8} + \frac{D_r H_{r+1}}{2}\right) + \mu_r\left(+\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r}{2} + D_r\right) +$$
$$+ \pi_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H^2_{r+1}}{8} - \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H_{r+1}}{2} + M'_r D_r - q_r\frac{DD_r}{2} + \theta'_r\frac{DD_r}{2} - N_r\frac{D_r h_r}{2}.$$

$$Ex''I_c = -\pi_r\left(+\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r^2}{8} + \frac{DH_r}{2}\right) - \mu_r\left(+\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r}{2} + D\right) + \pi_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H^2_{r+1}}{8} +$$
$$+ \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H_{r+1}}{2} + M''_r D + q_r\frac{D^2}{2} + \theta''_r\frac{D^2}{2} - P_r\frac{D^2}{2}.$$

D'où l'équation :

$$\left.\begin{aligned} &+ \pi_r\frac{H_r(D_r - D) + D_r h_r}{2} - \mu_r\left(+\frac{I_c}{I_m}H_r + D + D_r\right) + \\ &+ \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}H_{r+1} - M'_r D_r + M''_r D + q_r(D_r + D)\frac{D}{2} - \theta'_r\frac{DD_r}{2} + \\ &+ (\theta''_r - P_r)\frac{D^2}{2} + \frac{ND_r h_r}{2} = 0. \end{aligned}\right\} \quad [27]$$

Equation $E\delta'_y = E\delta''_y$.

$$\frac{EI_c}{D}\delta'_y = -\pi_r\left(\frac{H_r}{4} + \frac{h_r}{3}\right)D_r + \mu_r\frac{D_r}{2} + \pi_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H^2_{r+1}}{8} - \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H_{r+1}}{2} +$$
$$+ M'_r\frac{D_r}{2} - q_r\frac{DD_r}{3} + \theta'_r\frac{DD_r}{3} - N\frac{D_r h_r}{3}.$$

$$\frac{EI_c}{D}\delta''_y = -\pi_r\frac{DH_r}{4} - \mu_r\frac{D}{2} + \pi_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H^2_{r+1}}{8} + \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H_{r+1}}{2} + M''_r\frac{D}{2} +$$
$$+ q_r\frac{D^2}{3} + \theta''_r\frac{D^2}{3} - P_r\frac{D^2}{3}.$$

D'où l'équation :

$$\left.\begin{aligned}&-\pi_r\left[+\frac{H_r(D_r-D)}{4}+\frac{D_r h_r}{3}\right]+\mu_r\frac{D+D_r}{2}-\mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}H_{r+1}-\\&-q_r\frac{D(D_r+D)}{3}+M'_r\frac{D_r}{2}-M''_r\frac{D}{2}+\theta'_r\frac{DD_r}{3}-\theta''_r\frac{D^2}{3}+\\&+P_r\frac{D^2}{3}-N\frac{D_r h_r}{3}=0.\end{aligned}\right\}\quad[28]$$

Equation $\delta'_r=\delta''_r$.

$$EI_c\delta'_r=+\pi_r\left[\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r^3}{24}+\frac{D_r\left(H^2_{r+1}+\frac{1}{3}h_r^2\right)}{4}\right]-\mu_r\left(\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r^2}{8}+\frac{D_rH_{r+1}}{2}\right)-$$

$$-\pi_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H^2_{r+1}}{48}(2H_{r+1}+3h_r)+\mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}\frac{H_{r+1}}{8}(H_{r+1}+2h_r)+$$

$$+q_r\frac{DD_r(3H_{r+1}+h_r)}{12}-M'_r\frac{D_rH_{r+1}}{2}-\theta'_r\frac{DD_r}{12}(3H_{r+1}+h_r)+$$

$$+N\frac{D_rh_r}{12}(3H_{r+1}+h_r).$$

$$EI_c\delta''_r=-\pi_r\frac{H_r^2}{4}\left(\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r}{6}+D\right)-\mu_r\frac{H_r}{2}\left(\frac{I_c}{I_m}\frac{H_r}{4}+D\right)+$$

$$+\pi_{r+1}\frac{I_c}{48I_m}(2H_r^2H_{r+1}+H_r^2h_r-h_r^3)+\mu_{r+1}\frac{I_c}{8I_m}(H_r^2-h_r^2)+q_r\frac{D^2H_r}{4}+$$

$$+M''_r\frac{DH_r}{2}+\theta''_r\frac{D^2H_r}{4}-P_r\frac{D^2H_r}{4}.$$

L'égalité entre ces deux quantités nous donne :

$$\left.\begin{aligned}&\pi_{r+1}H^3_{r+1}\frac{I_c}{I_m}=\pi_r\left[H_r^3\frac{I_c}{I_m}+3D_rH^2_{r+1}+D_rh_r^2+3DH_r^2\right]-\\&-6\mu_r(D_rH_{r+1}-DH_r)+6\mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}h_rH_{r+1}+\\&+q_rD\left[3H_r(D_r-D)+4D_rh_r\right]-6M'_rD_rH_{r+1}-6M''_rDH_r-\\&-\theta'_rDD_r(3H_{r+1}+h_r)-3\theta''_rD^2H_r+3P_rD^2H_r+\\&+ND_rh_r(3H_{r+1}+h_r).\end{aligned}\right\}\quad[29]$$

* * *

Des équations [27] et [28], nous tirons :

$$\left.\begin{aligned} \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}H_{r+1} = \pi_r\frac{H_r(D_r - D)}{4} - \mu_r\left(2\frac{I_c}{I_m}H_r + \frac{D + D_r}{2}\right) - \\ - \frac{1}{2}M'_rD_r + \frac{1}{2}M''_rD. \end{aligned}\right\} \quad [30]$$

$$\left.\begin{aligned} q_r2D(D + D_r) = -\pi_r\left[3H_r(D_r - D) + 2D_rh_r\right] + \\ + \mu_r\left[12H_r\frac{I_c}{I_m} + 6(D + D_r)\right] - 2N_rD_rh_r + 6M'_rD_r - 6M''_rD + \\ + 2\theta'_rDD_r - (\theta''_r - P_r)2D^2. \end{aligned}\right\} \quad [31]$$

Substituant [30] dans [31], nous avons :

$$\left.\begin{aligned} :\pi_{r+1}H^3_{r+1}\frac{I_c}{I_m} = \\ = \pi_r\left[H^3_r\frac{I_c}{I_m} + 3D_rH^2_{r+1} + 3DH^2_r + \frac{3}{2}(D_r - D)H_rh_r + D_rh^2_r\right] - \\ - 6\mu_r\left(2\frac{I_c}{I_m}H_rh_r + D_rH_{r+1} - DH_r + \frac{D + D_r}{2}h_r\right) + \\ + q_rD\left[3H_r(D_r - D) + 4D_rh_r\right] - 3M'_rD_r(2H_{r+1} + h_r) - \\ - 3M''_rD(2H_r - h_r) - \theta'_rDD_r(3H_{r+1} + h_r) - (\theta''_r - P_r)3D^2H_r + \\ + ND_rh_r(3H_{r+1} + h_r). \end{aligned}\right\} \quad [32]$$

* * *

32. — Nous nommons M_r le moment fléchissant au droit du montant n° r et T_r l'effort tranchant entre les montants n° r et n° $(r + 1)$; nous avons :

$$M_r = + M'_r + M''_r + N_rH_r,$$

$$T_r = - \theta'_r + \theta''_r - P_r,$$

d'où nous tirons :

$$M''_r = M_r - M'_r - N_rH_r,$$

$$\theta''_r = T_r + P_r - \theta'_r,$$

$$\theta''_r - P_r = T_r - \theta'_r.$$

Substituant dans les équations ci-avant et remarquant que $N_r = \sum_1^{r-1} \pi$, nous obtenons :

$$\left.\begin{aligned} \mu_{r+1}\frac{I_c}{I_m}H_{r+1} = \pi_r\frac{H_r(D_r - D)}{4} - \frac{DH_r}{2}\sum_1^{r-1}\pi - \mu_r\left(2\frac{I_c}{I_m}H_r + \frac{D+D_r}{2}\right) - \\ - M'_r\frac{D+D_r}{2} + \frac{1}{2}DM_r. \end{aligned}\right\} \quad [33]$$

$$\left.\begin{aligned} q_r 2D(D+D_r) = -\pi_r\left[3H_r(D_r - D) + 2D_r h_r\right] + (6DH_r - \\ - 2D_r h_r)\sum_1^{r-1}\pi + \mu_r\left[12H_r\frac{I_c}{I_m} + 6(D+D_r)\right] + 6(D+D_r)M'_r + \\ + 2D(D+D_r)\theta'_r - 6DM_r - 2D^2T_r. \end{aligned}\right\} \quad [34]$$

$$\left.\begin{aligned} \pi_{r+1}H^2_{r+1}\frac{I_c}{I_m} = \\ = \pi_r\left[H^2_r\frac{I_c}{I_m} + 3(D+D_r)H^2_r + \frac{3}{2}(5D_r - D)H_r h_r + 4D_r h^2_r\right] + \\ + \left[6DH^2_r + 3(D_r - D)H_r h_r + 4D_r h^2_r\right]\sum_1^{r-1}\pi - \\ - 6\mu_r\left[2\frac{I_c}{I_m}H_r h_r + H_r(D_r - D) + \frac{h_r(3D_r + D)}{2}\right] + \\ + q_r D\left[3H_r(D_r - D) + 4D_r h_r\right] - \left[6H_r(D_r - D) + 3h_r(3D_r + D)\right]M'_r - \\ - \left[3H_r(D_r - D) + 4D_r h_r\right]D\theta'_r - \\ - 3D(2H_r - h_r)M_r - 3D^2H_rT_r. \end{aligned}\right\} \quad [35]$$

En outre, nous avons :

$$\theta'_r = -\sum_1^{r-1} q. \quad [36]$$

$$\begin{aligned} M'_r = +\sum_1^{r-1}\mu - \frac{1}{2}\sum_1^{r-1}\pi H - \\ - q_1(r-1)D - q_2(r-2)D \dots - q_{r-1}D \end{aligned} \quad [37]$$

Ces cinq équations nous donnent π_{r+1}, μ_{r+1} et q_r en fonction des π, μ et q d'indice inférieur.

Calculant les panneaux de proche en proche et substituant chaque fois, on obtiendra pour le premier panneau :

$$\pi_2,\ \mu_2 \text{ et } q_2,$$

en fonction de π_1, μ_1, q_1.

Passant au suivant, on obtiendra π_3, μ_3, q_3 en fonction de π_2, μ_2, q_2 et par sustitution en fonction de π_1, μ_1, q_1. Et ainsi de suite de panneau en panneau; on aura donc finalement tous les π, μ et q de l'indice 2 à l'indice dernier $(n+1)$ en fonction de π_1, q_1, μ_1; alors interviennent les équations statiques de l'équilibre d'un des tronçons du longeron, celui supérieur, par exemple:

$$\sum_1^{n+1} q = 0;$$

$$\sum_1^{n+1} \pi = 0;$$

$$\sum_1^{n+1} \mu + \sum_1^{n+1} \text{moments de } q = 0;$$

trois équations qui donnent :

$$\pi_1, \mu_1, q_1$$

et permettent de déterminer toutes les autres inconnues du problème.

Si la charge est disposée symétriquement sur le pont, on ne doit plus calculer que la moitié des π, μ et q, car on a :

$$\pi_r = -\pi_{n+2-r};$$
$$\mu_r = -\mu_{n+2-r};$$
$$q_r = q_{n+2-r};$$

et la détermination des inconnues peut se faire sans recourir aux équations statiques.

Si le nombre des panneaux est pair, on a :

$$\pi_{\frac{n}{2}+1} = 0, \qquad \mu_{\frac{n}{2}+1} = 0, \qquad q_{\frac{n}{2}+2} = q_{\frac{n}{2}}.$$

Si le nombre est impair :

$$\pi_{\frac{n+1}{2}} = -\pi_{\frac{n+1}{2}+1}, \qquad \mu_{\frac{n+1}{2}} = -\mu_{\frac{n+1}{2}+1}, \qquad q_{\frac{n+1}{2}} = q_{\frac{n+1}{2}+1},$$

trois équations qui donnent π_1, μ_1, q_1 et résolvent donc le problème.

On peut évidemment, dans le calcul des poutres à brides non parallèles, introduire la simplification $I_m = I_c$ que nous avons démontrée (aux n°s 18 et 19) être fondée pour les brides parallèles.

Quoi qu'il en soit, le chiffrage des formules [33] à [37] trouvées ci-dessus est trop fatigant pour être réellement pratique, nous devons simplifier; cette simplification est exposée au paragraphe suivant.

§ 2. — Calcul simplifié des poutres a brides non parallèles.

33. — Nous avons vu ci-avant (nos 10, 15 et 16) dans l'étude détaillée des ponts à brides parallèles que l'on pouvait, sans porter atteinte à l'exactitude pratique des résultats, faire abstraction des allongements et raccourcissements (dus aux tractions et compressions directes) des éléments de la poutre; cela revient à dire qu'au droit des montants, les ordonnées de flexion des brides supérieures et inférieures sont égales, et cette conclusion est vraie, quelle que soit la forme des brides; d'autre part, nous avons démontré que, pour les brides parallèles, l'égalité des ordonnées de flexion se poursuit entre les montants; nous admettons, à titre d'hypothèse très approchée, que ce résultat, exact pour les brides parallèles, l'est aussi pour les brides non parallèles dans les limites où le non-parallélisme se pratique pour les constructions de ponts et charpentes.

Nous prenons un longeron à brides non parallèles de forme quelconque *(fig. 25, pl. 235)*, nous les coupons en deux tronçons par une section rencontrant tous les montants, nous désignons par :

$\Delta' y_1$ l'ordonnée de flexion en un point de la bride supérieure à la distance x_1 de l'origine;

$\Delta'' y_1$ l'ordonnée de flexion au point correspondant, sur la même verticale de la bride inférieure;

M' et I' le moment de flexion et le moment d'inertie pour la bride supérieure à la distance x de l'origine; son développement en ce point est ds';

M'', I'', ds'' les valeurs correspondantes pour la bride inférieure à la même distance x.

Nous avons :

$$\Delta' y_1 = \alpha_0 x_1 + \int_0^{x_1} (x_1 - x) \frac{M' ds'}{EI'} + \Delta y_A,$$

$$\Delta'' y_1 = \alpha_0 x_1 + \int_0^{x_1} (x_1 - x) \frac{M'' ds''}{EI''} + \Delta y_A,$$

et puisque, quelle que soit la valeur de x_1, nous avons toujours :

$$\Delta y'_1 = \Delta y''_1,$$

il en résulte que :

$$\frac{M'ds'}{EI'} = \frac{M''ds''}{EI''},$$

d'où :

$$\frac{M'}{M''} = \frac{I'ds''}{I''ds'}. \qquad [1]$$

Cette relation très simple nous donne en valeur numérique le rapport qui lie les deux moments fléchissants secondaires M' et M'' qui agissent sur chaque bride à une même distance x.

Si les brides sont parallèles, la relation [1] nous donne :

$$\frac{M'}{M''} = \frac{I'}{I''},$$

c'est-à-dire que le moment fléchissant secondaire agissant sur chaque bride est proportionnel à sa raideur, ce qui est rationnel; si l'une des brides devenait infiniment faible, par exemple celle supérieure, on aurait $I' = 0$, et la relation [1] nous donne $M' = 0$, ce qui est conforme à la réalité.

La relation [1] nous montre encore que les moments fléchissants secondaires M' et M'' sont toujours de même sens.

Si, du cas général de la poutre *(fig. 25)*, nous passons au cas plus spécial et plus fréquent de la poutre *(fig. 22)*, la relation [1] devient :

$$\frac{M'}{M''} = \frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}. \qquad [2]$$

Dans ce qui va suivre, nous aurons uniquement en vue le type de poutre *(fig. 22)* à bride inférieure horizontale et à bride supérieure non parallèle; nous admettons, d'ailleurs, que la bride courbe est rectiligne d'un montant à l'autre.

*
* *

34. — Considérons dans cette poutre un panneau quelconque *(fig. 26)*, et dans ce panneau deux sections A et B à une distance dx; sur chaque bride de la section A nous avons les forces

et moments notés sur la figure; de même sur chaque bride de la section B; chaque tronçon de bride est en équilibre, d'où :

$$M' = \mu' + \theta' dx - N dy,$$

$$M'' = \mu'' + \theta'' dx,$$

et, en vertu de la relation [2] :

$$\mu' - \theta' dx - N dy = \frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}(\mu'' + \theta'' dx).$$

Or :

$$\mu' = \frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}\mu'',$$

donc :

$$\theta' dx - N dy = \frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}\theta'' dx,$$

$$\theta' - \frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}\theta'' = N\frac{dy}{dx},$$

désignant par α la tangente de l'élément infiniment petit de bride supérieure dans l'intervalle de A à B, et par a la valeur de $\frac{I'}{I''}\frac{dx}{ds}$ pour ce même intervalle, nous avons :

$$\theta' - a\theta'' = \alpha N$$

d'autre part :

$$\theta' + \theta'' = \Sigma P,$$

d'où nous déduisons :

$$\theta' = \frac{1}{1+a}(a\Sigma P + \alpha N) = \frac{1}{1+a}\left(a\Sigma P + \alpha \Sigma_1^{r-1}\pi\right) \quad [3]$$

$$\theta'' = \frac{1}{1+a}(\Sigma P - \alpha N) = \frac{1}{1+a}\left(\Sigma P - \alpha \Sigma_1^{r-1}\pi\right) \quad [4]$$

La statique exige que θ' et θ'' soient constants dans toute l'étendue d'un panneau, cette condition est réalisée si les brides sont droites d'un montant au suivant, car alors a et α sont constants :

35. — Isolons un tronçon supérieur de montant n° r par une section horizontale A et deux sections verticales immédiatement à droite et à gauche, nous avons la sollicitation donnée figure 27, et l'équation statique des composantes verticales nous donne :

$$q_r - \theta' + \theta'_1 = 0, \qquad \text{d'où :} \quad q_r - \theta' = -\theta'_1.$$

Le tronçon inférieur nous donne :

$$q_r + \theta'' - P_r - \theta''_1 = 0, \qquad \text{d'où :} \quad q_r + \theta'' - P_r = \theta''_1.$$

Nommant T_r l'effort tranchant total dans l'intervalle des montants n° r à n° $(r+1)$, nous avons donc, en appliquant les formules [3] et [4] :

$$q_r - \theta'_r = -\frac{aT_r}{1+a} - \frac{\alpha}{1+a}\sum_1^r \pi \quad [5]$$

$$q_r + \theta''_r - P_r = \frac{T_r}{1+a} - \frac{\alpha}{1+a}\sum_1^r \pi \quad [6]$$

Il est à noter que les valeurs de a et α sont celles correspondant au panneau allant du montant n° r à celui n° $(r+1)$.

Pour le montant n° 1, celui sur l'appui, nous avons :

$$q_1 = \frac{aT_1}{1+a} + \frac{\alpha\pi_1}{1+a}.$$

*
* *

36. — Isolant un montant complet de ses deux brides, nous avons la sollicitation telle que notée sur la figure 28, planche 235, l'équation statique des moments nous donne :

$$(N_1 - N)H = M' + M'' + M'_1 + M''_1,$$

d'où :
$$\pi_r H = (1+a)M'' + (1+a_1)M''_1.$$

Si S est la section pour laquelle le moment fléchissant sur le montant est nul, nous avons :

$$(N_1 - N)y = M'' + M''_1,$$

$$y = \frac{M'' + M''_1}{\pi_r} = \frac{(M'' + M''_1)H}{(1+a)M'' + (1+a_1)M''_1}.$$

Nous avons (admettant que $I' = I''$, ce qui est la réalité ou très proche de la réalité) :

$$a = \cos\alpha,$$
$$a_1 = \cos\alpha_1.$$

Dans les conditions où les poutres s'exécutent en pratique, ces deux cosinus diffèrent très peu l'un de l'autre, et il n'y a pas d'erreur pratique à prendre :

$$a = a_1 = \frac{a + a_1}{2},$$

ce qui donne :

$$y = \frac{H}{1 + \frac{a+a_1}{2}}. \quad [7]$$

Voilà connu, *a priori*, le point d'inflexion S sur chaque montant.

Sur le montant d'appui, celui n° 1, nous avons *(fig. 29)* :

$$\pi_1 H = M'_1 + M''_1,$$

$$\pi_1 = \frac{(1 + a) M''_1}{H},$$

$$\pi_1 y = M''_1,$$

$$y = \frac{M''_1}{\pi_1} = \frac{H}{1 + a}.$$

* * *

37. — Nommant M_r le moment fléchissant au droit du montant n° r, nous avons, pour une section immédiatement à gauche de ce montant :

$$M'_r + M''_r + NH_r - M_r = 0.$$

Combinant avec la formule [2], nous en déduisons :

$$M'_r = \frac{a}{1 + a} M_r - \frac{a H_r}{1 + a} \sum_1^{r-1} \pi \qquad [8]$$

$$M''_r = \frac{1}{1 + a} M_r - \frac{H_r}{1 + a} \sum_1^{r-1} \pi \qquad [9]$$

La valeur de a est celle correspondant au panneau allant du montant n° $(r - 1)$ à celui n° r.

* * *

38. — Ces divers résultats exprimés par les relations [1] à [9] étant acquis, nous étudierons maintenant un panneau quelconque de notre poutre (voir *fig. 30*, *pl. 235*), celui allant du montant n° r à celui n° $(r + 1)$; nous le coupons en deux tronçons par les sections S_r et S_{r+1} faites au niveau des points d'inflexion sur les montants, nous appliquons à ce panneau la méthode exposée ci-avant au n° 31 ; nous avons vu que le déplacement ε'_r de S_r par rapport à S_{r+1} calculé en fonction des forces et dimensions du tronçon supérieur est égal à ε''_r de S_r par rapport à S_{r+1} calculé en fonction des forces et dimensions du tronçon inférieur :

$$\varepsilon'_r = \pi_r \left[\frac{h^3}{3 I_m} + \frac{D_1}{I'_c} \left(h^2 + \frac{1}{3} h'^2 + hh' \right) \right] + \frac{DD_1}{I'_c} \left(\frac{h}{2} + \frac{h'}{3} \right) \left(q_r + N \frac{h'}{D} - \theta'_r \right) -$$
$$- \frac{D_1}{I'_c} \left(h + \frac{1}{2} h' \right) M'_r - \pi_{r+1} \frac{h_2^2}{2 I_m} \left(\frac{-1}{3} h_2 + h + h' \right).$$

$$\varepsilon''_r = -\pi_r \left(\frac{h_1^3}{3 I_m} + \frac{h_1^2 D}{I''_c} \right) + \frac{h_1 D^2}{2 I''_c} (q_r + \theta''_r - P_r) + \frac{h_1 D M''_r}{I''_c} + \pi_{r+1} \frac{h_3^2}{2 I_m} \left(h_1 - \frac{1}{3} h_3 \right).$$

Établissant l'égalité entre les seconds membres de ces deux expressions et introduisant immédiatement la simplification :

$$I_m = I'_r = I''_r,$$

que ci-dessus, aux nos 18 et 19, nous avons démontrée être permise sans porter atteinte à l'exactitude pratique des résultats, nous obtenons :

$$\left.\begin{array}{l} +\frac{\pi_{r+1}}{2}\left[h_2^2\left(h+h'-\frac{1}{3}h_2\right)+h_3^2\left(h_1-\frac{1}{3}h_3\right)\right]= \\ +\pi_r\left[\frac{h^3+h_1^3}{3}+D_1\left(h^2+hh'+\frac{h'^2}{3}\right)+Dh_1^2\right]-D_1\left(h+\frac{h'}{2}\right)M'_r- \\ -Dh_1M''_r+DD_1\left(\frac{h}{2}+\frac{h'}{3}\right)(q_r-\theta'_r)-\frac{1}{2}h_1D^2(q_r+\theta''_r-P_r)+ \\ +D_1h'\left(\frac{h}{2}+\frac{h'}{3}\right)N. \end{array}\right\} \quad [10]$$

Les termes entrant dans cette équation sont donnés ci-avant par les expressions [5], [6], [7], [8] et [9], leurs valeurs dans le cas du panneau allant du montant n° r à celui n° $(r+1)$ sont (voir *fig. 31*, *pl. 235*) :

$$h = H_r - h_1,$$

$$h_1 = \frac{H_r}{1+\frac{1}{2}(a_1+a_2)},$$

$$h_2 = H_{r+1} - h_3,$$

$$h_3 = \frac{H_{r+1}}{1+\frac{1}{2}(a_2+a_3)},$$

$$M'_r = \frac{a_1}{1+a_1}M_r - \frac{a_1H_r}{1+a_1}\sum_1^{r-1}\pi,$$

$$M''_r = \frac{1}{1+a_1}M_r - \frac{H_r}{1+a_1}\sum_1^{r-1}\pi,$$

$$q_r - \theta'_r = \frac{-a_2}{1+a_2}T_r - \frac{\alpha_2}{1+a_2}\sum_1^{r}\pi,$$

$$q_r + \theta''_r - P_r = \frac{+1}{1+a_2}T_r - \frac{\alpha_2}{1+a_2}\sum_1^{r}\pi$$

L'équation [10] donne π_{r+1} en fonction des π d'indice inférieur, et par conséquent de π_1, elle résout donc le problème ainsi que maintes fois il a été exposé ci-avant.

Dans le cas où les brides deviennent parallèles, l'équation [10] se simplifie et prend la forme :

$$\pi_{r+1} = \pi_r + \frac{6D}{H} \sum_1^r \pi - \left(T_r + \frac{2M_r}{D}\right) \frac{3D^2}{H^2},$$

qui est l'expression trouvée précédemment au n° 19.

§ 3. — *Application numérique.*

39. — Comme application des formules du § 3, nous allons calculer une poutre *(fig. 32, pl. 235)* à brides non parallèles pour un pont de 42 *m* de portée, identique à celui à brides parallèles calculé au § 5 du chapitre II.

La bride inférieure est horizontale, la bride supérieure lui est parallèle pour les six panneaux du centre, elle s'incline en arc de cercle pour les trois panneaux de chaque extrémité.

Il y a une traverse au droit de chaque montant et une traverse au milieu de l'intervalle entre les montants; toutefois, ainsi que nous l'avons vu au n° 24, il n'y a aucune erreur pratique à supposer les charges au droit des montants, c'est ce que nous allons faire; on voudrait étudier le cas tel qu'il existe dans la réalité, c'est-à-dire une charge au milieu de l'intervalle des montants, que cela ne compliquerait guère les chiffrages ainsi que nous l'avons vu au n° 23.

Nous allons étudier le cas de la surcharge recouvrant tout le pont; du métré établi au n° 25 il résulte que la charge locale (poids mort et surcharge) au droit de chaque montant sera de 11 600 *kg*.

La bride courbe est remplacée par des éléments droits allant d'un montant à l'autre, les angles α sont notés sur la figure 33, planche 235; nous avons .

$$a = \frac{dx}{ds} = \cos \alpha.$$

Le a des formules [5] et [6] du n° 35 est d'ailleurs la tangente du même angle.

Nous avons le tableau :

MONTANT	PANNEAU	α	$a = \cos\alpha$	$\alpha = \mathrm{tg}\,\alpha$	$\frac{a}{1+a}$	$\frac{1}{1+a}$	$\frac{\alpha}{1-a}$	D_1	T	M
1		22°8′							$R_1=63800$	$M_1=0$
	1 à 2		0,92631	0,4066	0,481	0,519	0,211	3,78	$T_1=63800$	
2		13°4′								$M_2=223300$
	2 à 3		0,97411	0,2320	0,4934	0,5066	0,1175	3,59	$T_2=52200$	
3		4°2′								$M_3=406000$
	3 à 4		0,99714	0,0757	0,4992	0,5008	0,0379	3,51	$T_3=40600$	
4		0								$M_4=548100$
	4 à 5		1	0	0,500	0,500	0	3,50	$T_4=29000$	
5										$M_5=649600$
	5 à 6								$T_5=17400$	
6										$M_6=710500$
	6 à 7								$T_6=5800$	
7										$M_7=730800$

Nous déterminons les points d'inflexion sur les montants en appliquant la formule [7] du n° 36, les résultats sont notés sur la figure 33.

Nous déterminons les valeurs des π en appliquant la formule [10] du n° 33.

Pour le premier panneau, celui allant du montant n° 1 à celui n° 2, cette formule devient :

$$+\frac{\pi_2}{2}\left[h_2^2\left(h+h'-\frac{1}{3}h_2\right)+h_3^2\left(h_1-\frac{1}{3}h_3\right)\right]=$$

$$=\pi_1\left[\frac{h^3+h_1^3}{3}+D_1\left(h^2+hh'+\frac{h'^2}{3}\right)+Dh_1^2\right]-$$

$$-DD_1\left(\frac{h}{2}+\frac{h'}{3}\right)q_1-\frac{1}{2}h_1D^2(-q_1+R_1).$$

$h=1,443,\quad h_1=1,557,\quad h_2=2,155,\quad h_3=2,268,\quad h'=1,423.$

L'expression de q_1 est donnée au n° 35. La formule ci-dessus nous donne :

$$\pi_2=3,9163\,\pi_1-113\,676.$$

Nous passons au deuxième panneau ; la formule [10] devient :

$$\frac{1}{2}\pi_3\left[h_2^2\left(h+h'-\frac{1}{3}h_2\right)+h_3^2\left(h_1-\frac{1}{3}h_3\right)\right]=$$

$$=\pi_2\left[\frac{h^3+h_1^3}{3}+D_1\left(h^2+hh'+\frac{h'^2}{3}\right)+Dh_1^2\right]-D_1\left(h+\frac{h'}{2}\right)M_2'-Dh_1M_2''+$$

$$+DD_1\left(\frac{h}{2}+\frac{h'}{3}\right)(q_2-\theta_2')-\frac{1}{2}h_1D^2(q_2+\theta_2''-P_2)+D_1h'\left(\frac{h}{2}+\frac{h'}{3}\right)\pi_1.$$

Les valeurs de h, h_1, h_2, h_3, h' sont notées sur la figure 38. Nous avons (voir formules [8] et [9] n° 37) :

$$M_2'=0{,}481\,M_2-0{,}481\times4{,}423\,\pi_1=107\,407-2{,}127\,\pi_1,$$
$$M_2''=0{,}519\,M_2-0{,}519\times4{,}423\,\pi_1=115\,893-2{,}296\,\pi_1.$$

Nous avons (voir formules [5] et [6] du n° 35) :

$$q_2-\theta_2'=-\theta_3'=-0{,}4934\,T_2-0{,}1175(\pi_1+\pi_2)=-0{,}4934\times$$
$$\times 52\,200-0{,}1175(\pi_1+\pi_2),$$

$$q_2+\theta_2''-P_2=\theta_3''=+0{,}5066\,T_2-0{,}1175(\pi_1+\pi_2)=+0{,}5066\times$$
$$\times 52\,200-0{,}1175(\pi_1+\pi_2),$$

remplaçant π_2 par sa valeur trouvée ci-dessus, on obtient finalement :

$$\pi_3=19{,}4361\,\pi_1-690\,824.$$

La même série d'opérations effectuées sur le troisième panneau donne :

$$\pi_4=105{,}4706\,\pi_1-3\,850\,464.$$

A partir du quatrième panneau (celui allant du montant n° 4 à celui n° 5) la formule (10) se simplifie du chef du parallélisme des brides et prend la forme :

$$\pi_{r+1}=\pi_r+\frac{6D}{H}\sum_1^r\pi-\frac{3D^2}{H^2}\left(T_r+\frac{2M_r}{D}\right)$$

qui devient pour le quatrième panneau :

$$\pi_5=\pi_4+3{,}8\sum_1^4\pi-411\,781$$

pour le cinquième :

$$\pi_6=\pi_5+3{,}8\sum_1^5\pi-467\,615$$

pour le sixième :

$$\pi_7 = \pi_6 + 3{,}8 \sum_1^6 \pi - 495\,533$$

et substituant les π nous avons :

$$\begin{aligned} \pi_5 &= 598{,}7980\,\pi_1 - 21\,951\,108 \\ \pi_6 &= 3\,367{,}5578\,\pi_1 - 123\,521\,797 \\ \pi_7 &= 18\,933{,}0372\,\pi_1 - 694\,503\,232 \end{aligned}$$

L'égalité $\pi_7 = 0$ nous donne π_1 et tous les autres π; les valeurs sont :

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 36\,682{,}0825\ kg \\ \pi_2 &= 29\,982 \\ \pi_3 &= 22\,131 \\ \pi_4 &= 18\,416 \\ \pi_5 &= 14\,048 \\ \pi_6 &= 7\,227 \end{aligned}$$

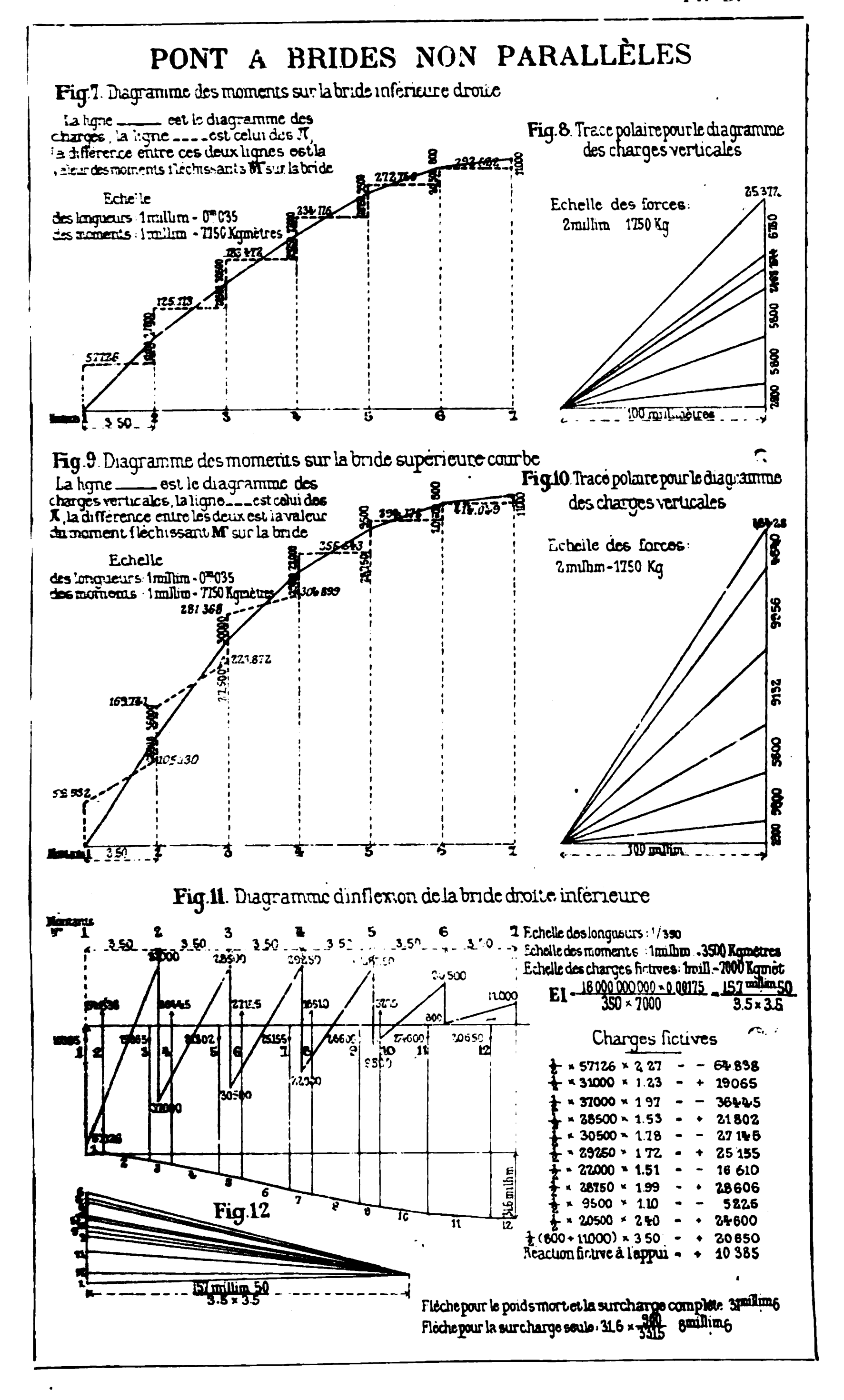
Les θ' et θ'' dans chaque panneau sont données par les formules (3) et (4) du n° 34; les résultats sont notés sur la figure 34, planche 235.

Si nous coupons chaque montant au niveau de son point d'inflexion, nous subdivisons le longeron en deux tronçons, chacun sollicité ainsi qu'il est indiqué figure 35; la sollicitation de chaque tronçon est ainsi complètement déterminée et nous sommes à même de tracer son diagramme : la planche B figure 7 le donne pour la bride inférieure et figure 9 pour la bride supérieure.

En possession de ces résultats nous sommes à même de déterminer toutes les dimensions des membrures de notre poutre à brides non parallèles, il suffit d'appliquer la marche indiquée au chapitre II § 5 pour les poutres à brides parallèles; on remarquera que le non-parallélisme a pour effet de diminuer les moments fléchissants secondaires sur les brides et les montants, c'est-à-dire permet une diminution de section, donc une économie de matière.

L'étude des cas de la surcharge partielle se ferait en suivant la marche indiquée ci-avant au n° 29.

40. — *Flèche.* — La flèche de la poutre est celle que prend sa bride horizontale; la sollicitation de cette bride est donnée


PONT A BRIDES NON PARALLÈLES
Fig. 7. Diagramme des moments sur la bride inférieure droite
La ligne ——— est le diagramme des charges, la ligne - - - - est celui des X, la différence entre ces deux lignes est la valeur des moments fléchissants M' sur la bride
Echelle
des longueurs : 1 millim - 0m035
des moments : 1 millim - 7150 Kgmètres
Fig. 8. Tracé polaire pour le diagramme des charges verticales
Echelle des forces:
2 millim 1750 Kg
100 millimètres
Fig. 9. Diagramme des moments sur la bride supérieure courbe
La ligne ——— est le diagramme des charges verticales, la ligne - - - est celui des X, la différence entre les deux est la valeur du moment fléchissant M' sur la bride
Echelle
des longueurs : 1 millim - 0m035
des moments : 1 millim - 7150 Kgmètres
Fig. 10. Tracé polaire pour le diagramme des charges verticales
Echelle des forces:
2 millim - 1750 Kg
100 millim
Fig. 11. Diagramme d'inflexion de la bride droite inférieure
Echelle des longueurs : 1/350
Echelle des moments : 1 millim . 3500 Kgmètres
Echelle des charges fictives : 1 mill. - 7000 Kgmèt
Charges fictives
Réaction fictive à l'appui - + 10 385
Fig. 12
Flèche pour le poids mort et la surcharge complète 31 millim 6
Flèche pour la surcharge seule

par les figures 35, pl. 235 et 1 pl. B; nous appliquons la marche indiquée ci-avant au n° 30; le détail du calcul de cette flèche est donné sur la planche B; si on compare les diagrammes *(fig. 1, Pl. A)* et *(fig. 11, Pl. B)*, on verra que la bride horizontale de la poutre à brides non parallèles doit avoir approximativement la même raideur que celle de la poutre à brides parallèles, c'est-à-dire que nous pouvons prendre I = 0,00175 tout comme ci-avant au n° 30.

Les tracés de la planche B nous donnent une flèche de 31,6 *mm* pour le poids mort et la surcharge complète, et une flèche de 8,6 *mm* pour le poids mort seul.

On voit que les brides non parallèles diminuent sensiblement la flèche prise par la poutre à brides parallèles.

CHAPITRE IV

Poutres à écartements variables entre montants.

41. — Pour les poutres de très grande portée les efforts tranchants aux extrémités deviennent très importants et entraînent des flexions secondaires élevées sur les brides et montants des panneaux extrêmes; on diminue ces flexions et, comme conséquence, on réalise une assez notable économie, en donnant aux panneaux extrêmes un faible écartement entre montants, écartement qui, d'ailleurs, va en augmentant vers les parties centrales de la poutre.

Le calcul des poutres à écartements variables est exactement le même que celui des poutres à écartements constants; on appliquera la formule (21) du n° 19, ou celle (26 *bis*) du n° 22, si les brides sont parallèles, et la méthode du § 2 du chapitre III si les brides sont non-parallèles; pour la flèche, on la calculera graphiquement comme indiqué ci-avant.

NOTES

SUR LES

DALLES ET PAROIS FLÉCHIES EN FER ET CIMENT

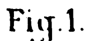
PAR

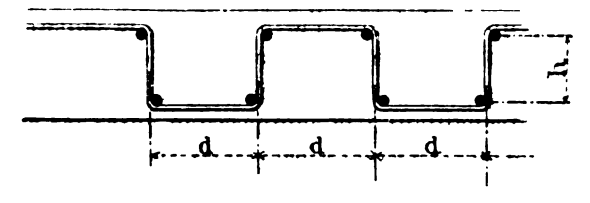
M. F. CHAUDY.

---

1. — Les parois en fer et ciment peuvent être considérées comme une série de poutres élémentaires accolées les unes aux autres. On peut donc constituer ces dalles comme les poutres elles-mêmes, de telle sorte que j'ai peu de chose à ajouter à ma note sur les poutres parue dans le bulletin d'octobre 1899.

Une paroi fléchie ayant comme appuis un certain nombre de poutres ou des murs en maçonnerie comprendra deux membrures métalliques composées chacune d'un même nombre de fers ronds de diamètres égaux. Il est nécessaire, pour réaliser une bonne construction, que l'écartement h entre les membrures et l'écartement d entre les poutres élémentaires qui sont prévues au projet soient bien réalisés par les ouvriers exécutant la dalle. L'étrier que j'emploie pour les poutres et qu'on peut fabriquer à l'avance satisferait bien à la première condition mais ne satisferait pas à la seconde. C'est pourquoi, dans les parois fléchies, je remplace cet étrier par un fer rond ou feuillard en *crémaillère*


Fig.1.



comme le montre la figure 1. Cette crémaillère est fabriquée à l'atelier et constitue un gabarit que l'ouvrier suit facilement. La crémaillère a encore l'avantage de permettre une réduction de

l'épaisseur à donner aux dalles. Un étrier de poutre doit avoir au-dessus de ses ailes une certaine épaisseur de béton pour empêcher ces ailes de se redresser. Ainsi, si l'effort de traction exercé dans une branche verticale d'un étrier est F, le moment fléchissant qui tend à redresser l'aile de cette branche est Fb (*fig. 2*). L'effort de compression φ dans le béton placé au-dessus de cette aile sera $\varphi = \frac{Fb}{c}$. Cet effort sera aussi celui qui s'exercera dans l'aile; celle-ci devra donc être d'une longueur suffisante pour qu'il n'y ait pas d'arrachement, sous l'action de cet effort, entre l'aile et le béton qui l'entoure. Au besoin, on pourra, pour éviter cet arrachement, recourber à angle droit l'extrémité des ailes, ainsi que je l'indique pour l'aile gauche de l'étrier représenté figure 2.

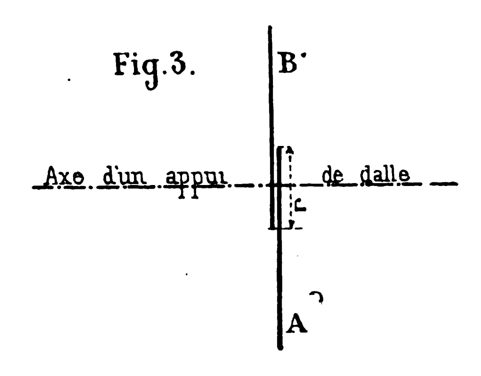
Fig. 2.

On comprend aisément qu'avec la crémaillère l'épaisseur *a* de béton peut être réduite considérablement puisque cette crémaillère réalise en quelque sorte la soudure des ailes d'étriers entre elles et que, dès lors, ces ailes ne peuvent plus se redresser aussi facilement.

2. — Le principe général de la construction des dalles est donc le même que celui que j'ai posé pour la construction des poutres, c'est-à-dire que le béton de ciment englobant l'ossature métallique est regardé comme un ensemble de barres ou diagonales inclinées travaillant à la compression entre les membrures et que, d'autre part, la crémaillère est employée pour empêcher les membrures de s'écarter l'une de l'autre. C'est justement parce que ce principe est absolument général que les constructeurs peuvent imaginer, pour obtenir la liaison métallique d'une membrure à l'autre, tel système d'étrier qui peut leur convenir.

Mon système à crémaillère que je viens de définir est celui qu'a adopté, pour les dalles, la Société de travaux en ciment de la Plaine-Saint-Denis qui a exécuté, à l'Exposition Universelle, dans un pavillon particulier de meunerie, situé en bordure de l'Avenue de La Motte-Picquet, un plancher destiné à recevoir des surcharges de 1000, 1500 et 2000 *kg* par mètre carré.

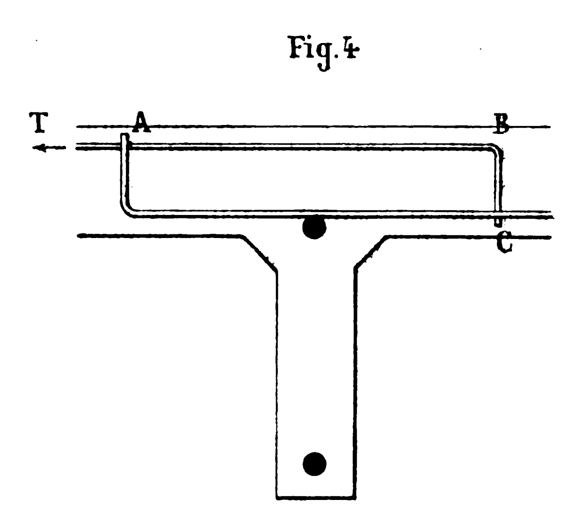
3. — Lorsque la paroi comprend plusieurs travées, on peut imaginer une liaison bout à bout des fers ronds d'une même membrure, de manière à obtenir la continuité et, par conséquent, un certain encastrement sur les appuis. Jusqu'ici je n'ai pas recherché cette continuité pour les dalles et je me contente de placer les extrémités des fers d'une travée à côté des extrémités des fers de la travée suivante, comme le montre la figure 3. Le recouvrement *r* empêche le béton de se fendre, mais il est insuffisant, en général, pour établir assez fortement la liaison du fer A avec le fer B, de telle sorte qu'on puisse compter sur une continuité parfaite. Ainsi, prenons pour A et B des fers ronds de 10 *mm* de diamètre. S'il y avait continuité sur l'appui, le travail dans ces fers pourrait atteindre 9 *kg* par millimètre carré de section à l'aplomb de l'appui, c'est-à-dire qu'on pourrait admettre la production d'un effort total de 706 *kg* dans A et dans B. Pour que l'arrachement ne se produise pas entre A et B, il faudrait prendre, pour *r*, 1 *m* environ, c'est-à-dire compter à 2 *kg* en nombre rond la résistance pratique à l'arrachement par centimètre carré de surface en contact avec le béton. Cette valeur de *r* est évidemment inadmissible en pratique. Aussi convient-il de faire le calcul de la dalle à plusieurs travées comme si celles-ci étaient indépendantes dans les lignes de joints. Il n'en est pas moins exact qu'en donnant à *r* une certaine valeur, telle que le travail à l'arrachement soit supérieur à 2 *kg* mais inférieur à 10 *kg* par exemple, on ne constatera pas de fissures dans la dalle au droit de l'appui.



Pour être plus assuré encore que des fissures ne se produiront

pas au droit des appuis, on peut recourber à angle droit les extrémités des fers, comme l'indique la figure 4. Avec cette disposition, un effort de traction T est équilibré, non seulement par l'adhérence du béton au fer sur la longueur AB, mais encore par la résistance à la compression du béton au contact du cro-

Fig. 4

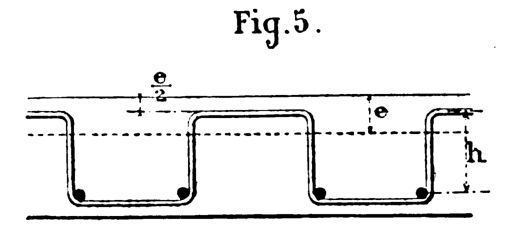


chet BC. Bien qu'il soit prudent de ne pas compter encore avec cette disposition sur une continuité parfaite, on conçoit qu'on se place néanmoins, en l'adoptant, dans d'excellentes conditions de résistance si on fait le calcul en admettant que la continuité n'existe pas.

Quand il s'agit de poutres au lieu de dalles, la continuité des membrures peut s'obtenir au moyen de la rivure en employant des fers plats comme membrures à la place des fers ronds.

4. — Pour des dalles ou parois de faible portée ou supportant des charges peu considérables, il va de soi que la membrure métallique comprimée peut être supprimée. Le béton est suffisant dans ce cas pour jouer à lui seul le rôle de membrure comprimée. En coupe transversale, la dalle se présente alors comme le montre la figure 5. Pour le calcul, on se donne ***h a***

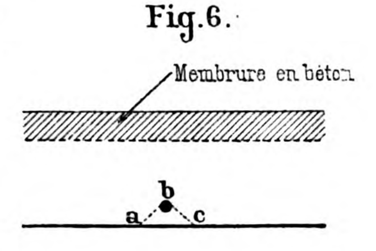
Fig. 5.



priori, ce qui permet de déterminer la compression totale dans la membrure et par suite l'épaisseur *e* de celle-ci. Il faut évidemment que cette épaisseur soit en rapport avec la distance *h*, c'est-à-dire que le rapport $\frac{e}{h}$ ne soit pas trop grand. On peut s'imposer par exemple $\frac{e}{h} = \frac{1}{5}$. Dès que *e* est trop grand par rapport à *h*, il faut recourir au système à deux membrures métalliques de même importance chacune.

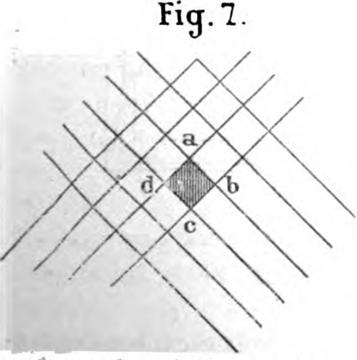
La réunion de la membrure métallique à la membrure en béton peut être faite par une série de crémaillères en feuillard réparties selon les indications fournies par l'effort tranchant. On peut même, pour des dalles très peu chargées et de faible portée, supprimer complètement la liaison métallique entre la membrure métallique tendue et la membrure comprimée en béton. Dans ce cas, l'effort de traction qui agit entre la membrure métallique et la membrure en béton tend à produire un arrachement *abc* (*fig. 6*). Il faut donc que la membrure métallique ne soit pas trop près du parement inférieur de la dalle.

Fig. 6.



Lorsque la paroi est soumise, en des points différents, à des moments fléchissants qui ne sont pas de même signe, la membrure métallique doit se placer au milieu de l'épaisseur de la dalle.

Fig. 7.



Le béton compris entre la membrure métallique et la membrure en béton seul est divisé par la pensée, pour chaque poutre élémentaire, en barres inclinées comprimées et en barres inclinées tendues (*fig. 7*). Un élément *abcd* de ce béton travaille à la compression sur deux faces, *cd* et *ab* par exemple, tandis que les deux autres faces *ad* et *bc* sont soumises à l'extension. Le travail est le même à l'extension qu'à la compression; il a pour expression :

$$R_b = \frac{T}{2h\varepsilon} \quad ,$$

en désignant par T l'effort tranchant, par h l'écartement, qu'on se donne *a priori*, entre la membrure métallique et la membrure en béton, et par ε l'épaisseur du béton formant treillis. Il faut que R_b ne dépasse pas 2 *kg* par centimètre carré de section pour un béton contenant 400 *kg* de ciment par mètre cube. Si on trouvait un travail supérieur à 2 *kg*, il faudrait employer les crémaillères.

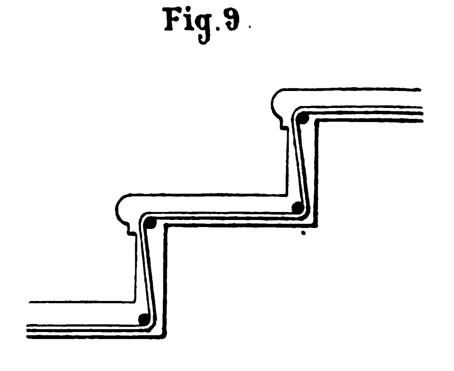
Pour les dalles, l'épaisseur ε est égale à l'écartement d qui existe entre deux poutres élémentaires consécutives.

Pour tenir compte de la tendance à l'arrachement suivant *abc* (*fig.* 6), il faudra vérifier que $R_b = \frac{T}{2h\varepsilon}$ est inférieur à 2 *kg*, en prenant pour ε l'épaisseur du béton situé au-dessous des fers formant la membrure tendue (*fig.* 8). L'effort d'arrachement par mètre courant étant $\frac{T}{h}$, j'admets donc que l'arrachement tend à se produire sur une largeur ε de chaque côté d'un fer.

Fig.8

5. — Pour les escaliers, la disposition que j'emploie est indiquée figure 9. Les contremarches sont des poutres et les marches sont des dalles reposant sur ces poutres. Les dalles-marches ont une ossature métallique unique en fils de fer ronds, de 5 *mm* de diamètre en général, qui servent aussi d'étriers aux poutres-contremarches. C'est ainsi qu'ont été exécutés, par la Société de travaux en ciment de la Plaine-Saint-Denis, les deux escaliers circulaires du pavillon du Cambodge, à l'Exposition Universelle. Ces deux escaliers s'emboitent l'un dans l'autre ; ils partent de deux extrémités d'un même diamètre de l'étage inférieur pour aboutir aux deux extrémités d'un même diamètre de l'étage supérieur.

Fig.9



6. — Pour une dalle, on peut prendre en général pour h le trentième de la portée, à moins d'avoir affaire à des surcharges exceptionnelles. Pour une poutre, il convient, pour obtenir la plus grande économie possible, de prendre pour h une valeur supérieure à la hauteur qu'on donnerait à une poutre entièrement métallique ; le plus souvent, il convient de prendre pour h une valeur égale aux 4/3 de la hauteur de la poutre métallique de même résistance.

On appelle *coefficient économique* d'une poutre en métal le poids de fer qui correspond à un moment résistant de 1 000 unités. Si on s'en tient exclusivement à l'âme, aux cornières et aux plate-bandes de la poutre, c'est-à-dire si on laisse de côté les montants qui renforcent l'âme, on sait que le coefficient économique est d'autant plus petit que la poutre est plus haute. Un premier examen théorique montre donc qu'il y a intérêt à faire des poutres de grande hauteur. Mais on est limité dans ce sens parce que, au fur et à mesure qu'on augmente la hauteur d'une poutre, il faut renforcer son âme par des montants suffisants pour empêcher le voilement de cette âme. Il y a donc une limite à partir de laquelle il n'y a plus économie à augmenter la hauteur de la poutre.

Ce que je signale, c'est ce fait que lorsque cette limite est atteinte pour une poutre entièrement métallique, elle ne l'est pas encore pour une poutre en fer et béton de ciment.

Par exemple, je considère un fer à double T du commerce de $\frac{300 \times 140}{10 \times 12}$. Ce fer pèse 51,5 kg par mètre courant et présente, pour une résistance de 9 kg par millimètre carré, un moment résistant de 5 229.

Pour une poutre en fer et ciment, je prendrai une distance entre axes des deux membrures de :

$$\frac{4}{3} \times 0{,}30\ m = 0{,}40\ m.$$

Pour que cette poutre ait la même résistance que le fer laminé considéré, il faut une section de membrure de :

$$\frac{5\,229}{0{,}40 \times 9} = 1\,452{,}5\ mm,$$

soit un fer rond de 43 mm de diamètre pesant 11,32 kg le mètre courant. Si la poutre, de portée l, était chargée uniformément d'un poids p par mètre courant, l'effort tranchant maximum

serait $T = \frac{pl}{2}$. Comme on a d'autre part, en désignant par M le moment résistant :

$$\frac{pl^2}{8} = M,$$

il s'ensuit :

$$T = \frac{4\ M}{l}.$$

Si la poutre était chargée au milieu d'un poids P, l'effort tranchant serait $T = \frac{P}{2} = \frac{2\ M}{l}$ puisque :

$$\frac{Pl}{4} = M.$$

On peut donc dire que l'effort tranchant peut varier dans une poutre depuis $\frac{4\ M}{l}$ aux extrémités jusqu'à $\frac{2\ M}{l}$ au milieu. En moyenne il est donc de $\frac{3\ M}{l}$.

Pour la poutre considérée, en prenant $l = 4{,}50\ m$, on a :

$$T = \frac{3 \times 5\,229}{4{,}50} = 3\,486\ kg.$$

Avec des étriers écartés de 0,40 *m*, c'est-à-dire de la distance qui existe entre les deux membrures, il faudrait pour chacun d'eux une section transversale de :

$$\frac{3\,486}{9} = 387\ mm^2,$$

soit, puisque l'étrier a deux branches, une section de 194 mm^2 pour le fil rond formant l'étrier. Avec des étriers écartés de 0,08 *m*, il faudrait seulement une section de :

$$\frac{194 \times 8}{40} = 38{,}8\ mm,$$

soit un fer de 7 *mm* de diamètre.

Pour un étrier il faut 1 *m* de longueur de fil, soit, par conséquent, 0,30 *kg* de fer sur 0,08 *m* de longueur de poutre. Sur 1 *m* de longueur il faudra :

$$\frac{0{,}30\ kg}{0{,}08} = 3{,}75\ kg.$$

Au total, ma poutre en fer et ciment, de même résistance que la poutre laminée du commerce, renfermera :

$$11{,}32 \times 2 + 3{,}75 = 26{,}39\ kg$$

de fer, au lieu de 51,5 *kg*, c'est-à-dire environ moitié moins que le fer laminé.

Pour être complet, il faut que je justifie que la distance de 0,40 *m* entre les deux membrures de ma poutre en fer et ciment me donne une âme de même résistance que celle de la poutre laminée. Cette dernière a 0,01 *m* d'épaisseur et, sur une longueur de poutre de 0,08 *m*, elle présente un module d'inertie de :

$$\frac{0{,}08 \times \overline{0{,}01}^2}{6} = 0{,}000\,001\,333.$$

Comme j'augmente la hauteur de ma poutre en ciment armé, il faut que celle-ci présente une âme ayant un module d'inertie de :

$$\frac{4}{3} \times 0{,}000\,001\,333 = 0{,}000\,001\,777.$$

Or, avec les étriers calculés plus haut, le module d'inertie sera supérieur à ce nombre puisqu'on a pour le produit de la section transversale d'un fil rond de 7 *mm* de diamètre par la distance entre axes des deux branches d'un étrier :

$$0{,}0\,000\,385 \times 0{,}05 = 0{,}000\,001\,925.$$

Cet exemple montre suffisamment où réside, en dehors de la diminution de la main-d'œuvre, l'économie obtenue avec les poutres en fer et ciment de mon système. Il met en lumière ce principe que les poutres en ciment armé, pour être économiques le plus possible, doivent être construites avec des hauteurs un peu plus grandes que celles des poutres métalliques de même résistance. En adoptant des mesures semblables, on sera assuré d'autre part que les flèches prises par les poutres en fer et ciment seront moindres que celles prises pour les poutres entièrement métalliques.

Si, pour une raison quelconque, on ne dépasse pas pour la poutre en fer et ciment la hauteur qu'on donnerait à une poutre entièrement métallique dans les mêmes conditions de portée et de charge, il est clair que l'économie s'obtient en faisant travailler les membrures de la poutre en fer et ciment à un taux plus élevé que le taux de travail de la poutre entièrement métallique.

Soit r le travail dans la poutre entièrement métallique dont l'âme a un module d'inertie i et soit R le travail des membrures de la poutre en fer et ciment dont l'âme a un module d'inertie I. Il est rationnel de prendre :

$$\frac{R}{r} = \frac{I}{i}.$$

CONSTRUCTIONS EN BÉTON ARMÉ [1]

PRINCIPALES APPLICATIONS ET AVANTAGES CARACTÉRISTIQUES

PAR

M. G. FLAMENT

Le béton armé, le ciment armé, et, en général, tous les systèmes de construction en fer et ciment combinés, ont vivement attiré l'attention du monde des Ingénieurs.

La communication que j'ai eu l'honneur de faire le 1er juin à la Société des Ingénieurs Civils avait pour objet de montrer aux Membres de la Société les applications les plus diverses du béton armé pendant ces dernières années et plus spécialement pendant l'année 1899.

Les quelques exemples et principes ci-dessous, extraits de cette communication, montrent les ressources nombreuses et les avantages précieux de ce mode de construction; ces avantages seront mis en évidence par les expériences et les essais multiples qui ont été faits sur un certain nombre d'ouvrages, vraies tortures imposées au béton armé avant de lui donner droit de cité. Tous les travaux dont nous allons parler ont été établis d'après les méthodes de calcul dues à M. Hennebique.

Le principe de ces méthodes repose sur l'idée de constituer une poutre hétérogène dont les parties tendues, en métal, et les parties comprimées, en béton, seraient rendues solidaires par l'étrier, tout comme les éléments d'une poutre métallique.

La primeur de cette idée, qui a fait prendre le véritable essor au béton de ciment armé, est due à M. Hennebique, ainsi qu'en témoignent les dates de dépôt des différents brevets.

Nous ne suivrons pas la classification plutôt chronologique faite pour la communication, mais nous donnerons dans l'ordre ci-dessous les explications de nature à caractériser l'emploi du béton armé dans chaque cas.

(1) Voir planche n° 236.

SOMMAIRE

A. — Constructions industrielles et maisons de rapport.

1° Fondations : semelles générales, radiers, pieux. Murs de quais, estacades, etc;
2° Poteaux;
3° Planchers;
4° Encorbellements;
5° Escaliers;
6° Toitures : combles, coupoles, sheeds, terrasses.

B. — Cuves et réservoirs.

Silos;
Canalisations;
Revêtements de tunnels;
Couvertures de tranchées et de rivières.

C. — Passerelles, ponts-routes et ponts de chemins de fer.

Fondations.

Le béton armé est judicieusement appliqué dans les fondations soit pour substituer à un radier général en gros béton une semelle d'épaisseur moindre beaucoup plus résistante, soit pour remplacer des pieux en bois ou des puits de béton recevant des arcs en maçonnerie par des pieux en béton armé.

Les semelles de gros béton exigent une épaisseur énorme qui souvent complique et toujours augmente de beaucoup les terrassements. La solidarité des différents éléments ne s'étend pas loin et sous des charges inégales en des points différents il y a séparation.

Les fissures qui existent dans les murs de grande longueur ou dans les édifices construits sur des sols inégalement compressibles mettent en évidence cet inconvénient. Le béton armé exige beaucoup moins d'épaisseur et sa nature fibreuse permet de répartir des charges énormes sur une surface de terrain suffisamment étendue correspondant au coefficient de travail que peut supporter le sol.

Les exemples sont nombreux, le béton armé n'y est pas lui-même visible, mais l'absence des fissures dont je parlais plus haut montre bien qu'aucun mouvement inégal n'est survenu à la base.

A Issy-les-Moulineaux, usine de parfumerie de M. De Laire, une cheminée de 600 *t* répartit ainsi sa charge sur un sol mauvais et aquifère à raison de 1 *kg* environ par centimètre carré.

Des murs de grande longueur fondés sur semelles continues en béton armé n'accusent pas la moindre déformation.

Les pieux en béton armé, dont l'application prend tous les jours une extension plus grande, remplacent non seulement les puits de fondations, mais toutes les charpentes partiellement immergées ou enterrées.

Des pieux ont été battus en grand nombre dans les terrains les plus difficiles, sans aucune fatigue; nous en avons enfoncé sous plus de 4 000 coups de mouton de 1 800 *kg* tombant de 2,80 *m* avec un succès complet.

A Southampton pour les fondations d'un Cold Storage (magasin de conservation de viandes) on finit de battre actuellement 2 000 pieux en béton armé de 15 *m* de long, et de 40 *cm* × 40 *cm* de section; tous ont été enfoncés au moyen de moutons Lacour de 1 700 et 2 800 *kg*.

Ces résultats acquis, la supériorité des pieux et palplanches en béton armé sur les pieux et palplanches en bois s'affirme surtout, grâce à l'imputrescibilité absolue, à la stabilité, et, en certaines parties du globe, à la résistance aux attaques des tarets qui, comme sur les côtes anglaises, désorganisent en très peu de temps les pieux en bois les mieux préservés. L'emploi du béton armé est alors tout indiqué pour les jetées, warfs, appontements et murs de quai non seulement en eau douce, mais dans les travaux à la mer grâce au procédé Dumas par lequel le béton armé est inattaquable.

Application aux jetées, warfs, appontements et murs de quais. — Comme exemple, nous citerons la jetée de Woolston destinée à l'embarquement des pièces de machines et des chaudières des navires qui sont en construction ou en réparation dans les chantiers de MM. J. Fay et Cie.

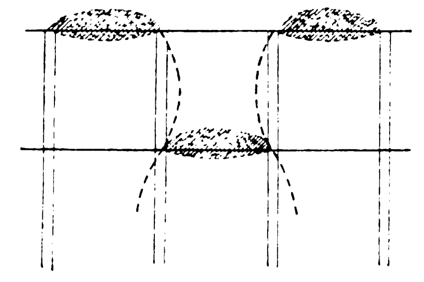
Cette jetée est constituée par 100 pieux de 25 × 25 *cm* et 30 × 30 *cm* de section, des moisages, des montants et une plateforme qui reçoit aujourd'hui les wagons amenant, sous la grue qui est y établie, des pièces d'un poids maximum unitaire de 30 *t*.

Des murs de quais en palplanches de béton armé jointives procurent encore une des solutions les plus avantageuses de ce genre de construction.

Applications aux fondations d'usines, filatures, minoteries, etc. — Les fondations par pieux ont reçu déjà de très nombreuses applications pour les superstructures les plus diverses.

Le moulin de Nort repose sur pieux à 8 *m* de profondeur intimement liés aux poteaux qu'ils prolongent.

Les minoteries de Brest sont un bel exemple de construction complètement indéformable (*fig. 1*).



L'ensemble comprend : 1° le moulin; 2° le magasin à farines; 3° les silos à blé; 4° un réservoir de 100 m^3 sur pylônes; 5° un puits à eau salée; 6° un puisard à eau douce.

Chaque bâtiment forme un monolithe parfait dont la semelle s'appuie sur 8 *m* de déblais de carrière placés eux-mêmes sur 6 *m* environ de tourbe aquifère.

La stabilité en est parfaite depuis la mise en service. Lors des premières charges, le bâtiment des silos, placé à droite sur la figure, s'est enfoncé régulièrement, sans aucune trace de désorganisation, d'environ 0,10 *m*; ce fait met bien en évidence l'indéformabilité prévue.

Radiers généraux, poutres de fondations ou pieux en béton armé font corps avec le reste de l'ouvrage, dont la rigidité est absolue, et lui assurent une grande continuité de résistance ; le radier n'est qu'un plancher un peu spécial, et les pieux ne sont que le prolongement rationnel, je dirais presque l'enracinement, des montants dans le sol.

Poteaux.

Les montants en béton armé reposant sur le sol par l'intermédiaire de semelles générales ou isolées, de poutres de fondation, de pieux, peuvent supporter les charges les plus grandes, sans flambage possible, avec des sections très réduites qui paraissent téméraires à première vue, mais dont les expériences et l'usage ont confirmé la résistance.

Expérience de charge au Palais du Costume. Résistance au flambement. — Le Palais du Costume à l'Exposition Universelle est entièrement construit en béton armé : fondations, piliers, plan-

chers et terrasses. Construit un des premiers, il attira l'attention du Contrôle par la forme, trouvée hardie, de ses poutres circulaires et la faible section de ses poteaux, nous ne pouvons que nous en féliciter car les expériences à outrance, qu'il a dû subir à deux reprises différentes, ont montré que loin d'être au-dessous des efforts imposés, la construction était au contraire d'une résistance et d'une rigidité considérables. Les premières expériences ont porté sur les fondations, les poteaux et les planchers. L'on voulait surtout éprouver les points d'appui au flambage.

Pour accentuer ce flambage, le Contrôle fit charger, comme l'indique le croquis ci-contre, à raison de 600 *k* par mètre carré (une fois et demie la surcharge prévue) à l'aide de 150 *t* de sable. Ainsi que nous l'avions annoncé avant l'essai, les poteaux n'avaient rien à redouter de cet essai logique en principe, mais que notre expérience du béton armé nous permettait de prévoir sans effet, car avec les portées d'environ 6 *m* que nous avions, la flèche au milieu de la poutre ne pouvait être que 5 *mm* ou 6 au grand maximum. La poutre pivotant au milieu de la largeur du poteau, la similitude des triangles donne comme déformation maxima sur l'angle du poteau une fraction infinie de millimètre facilement absorbée par l'élasticité du béton ; ceci se réalisa complètement et le Contrôle se déclara satisfait.

Quelque temps après, on émit des doutes sur les effets possibles d'un déplacement brusque de foule et l'on fit circuler sur le plancher haut du rez-de-chaussée et sur la terrasse, un train composé de 10 wagonnets chargés chacun à 2 000 *k*. Les résultats furent encore meilleurs que la première fois, car le béton était plus âgé. Dans ces deux expériences, les fondations, qui avaient également fait l'objet de quelques observations, se comportèrent admirablement, suivant scrupuleusement nos prévisions.

Utilisation de la résistance aux efforts dyssymétriques. — Les poteaux en béton armé se plient à toutes les exigences, à tous les besoins : munis de saillies, on peut y accrocher des transmissions, des ponts roulants, des organes en mouvement, à un point quelconque et de façon dyssymétrique, d'où leur emploi commode dans les usines et sur la voie publique pour l'éclairage ou la locomotion électrique.

Les grandes filatures élevées à plusieurs étages, par économie d'emplacement, et à grandes surfaces de planchers, éprouvent

une sérieuse difficulté d'éclairage. Les mouvements de trépidation exigent, dans la construction ordinaire, des murs extérieurs d'épaisseur notable et les surfaces vitrées sont restreintes. Ainsi qu'on le voit dans les photogravures ci-annexées, le béton armé permet de résoudre économiquement la question en réduisant au strict minimum la proportion des parois verticales opaques. Nous reviendrons sur cette question de l'éclairage en parlant des toitures.

Résistance du béton armé aux trépidations.

Expérience à la sous-station électrique de la Compagnie d'Orléans. — Au sujet des trépidations dont nous venons de parler, nous pouvons citer une expérience comparative faite dernièrement par les Ingénieurs de la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans, sur les planchers de la sous-station électrique de la gare d'Austerlitz, expériences faites sous la direction de M. Lanna, inspecteur du matériel fixe de la Compagnie. Calculés pour supporter le poids des machines et des accumulateurs, soit environ 1400 *k* par mètre carré, les planchers subirent des essais de charge sur une travée de 4,50 *m* × 5 *m* à raison de 2100 *k* par mètre carré. Ils donnèrent une flèche maxima de 3,8 *mm* sans aucune flèche permanente après déchargement.

Ce plancher en béton armé et un plancher en fer et voutins de briques de la gare du quai d'Orsay, sensiblement de même portée et calculé pour la même surcharge libre, furent alors éprouvés comparativement au choc. Les poids morts de ces planchers sont respectivement par mètre carré :

Plancher en fer.		Plancher en béton armé.			
Fer des poutrelles.	60 *kg*	Hourdis fer.	7,3 *kg*	Béton	0,080 m^3
Briques	220	Poutrelles .	4,0	Béton	0,020
Béton	200	Poutres . .	11,2	Béton	0,026
Soit. . .	480 *kg*	Total fer.	22,5 *kg*	Béton	0,126 m^3
				Soit :	300 *kg*.

Un poids de 50 *kg* tombant de 2 *m* de hauteur a produit sur le plancher en fer des vibrations de 7,8 *mm* d'amplitude maxima éteintes en deux secondes, alors qu'un poids de 100 *kg* tombant de 4 *m* n'a produit, sur le plancher en béton armé, que des vibrations maxima de 1,2 *mm* éteintes en 5/7 de seconde.

En résumé, pour deux planchers de même surcharge, l'un en fer et briques, l'autre en béton armé, les résultats au choc sont les suivants :

	Force vive.	Flèche.	Durée.	Poids propre.
	—	—	—	—
Plancher en fer.	100 *kg*	7,8 *mm*	2"	480 *kg*
Plancher en béton armé.	400	1,2	5/7"	300

Une puissance vive quatre fois plus grande donne donc une flèche environ sept fois moindre sur un plancher en béton armé que sur un plancher en fer de poids mort supérieur de 1/4 environ à celui du plancher en béton armé et la durée des vibrations est environ 1/3 de celle du plancher en fer.

Je livre ces résultats sans commentaires, car tous nous savons que les vibrations ne compromettent pas seulement la stabilité de nos constructions, mais occasionnent une rapide usure des machines et nuisent à la régularité et à la perfection des produits fabriqués.

Ce principe de construction a déjà reçu une large sanction de la pratique dans les nombreuses applications aux planchers et piliers fortement soumis aux chocs et aux trépidations dans nos plus grandes usines, ainsi qu'aux surfaces annulant des forces vives énormes, je veux dire les écrans paraballes construits depuis plusieurs années au Grand-Camp de Lyon.

En outre des avantages sus-cités, et sans développer dans le cadre forcément restreint de ce mémoire toutes les raisons qui généralisent chaque jour l'emploi du béton armé dans la construction des usines et des maisons de rapport, nous citerons l'économie de premier établissement réalisée au mètre carré de surface couvert, la diminution des hauteurs de planchers et par suite des points portants, ainsi que la rigidité, l'ancrage des maçonnerie, l'insonorité, la rapidité d'exécution, et l'indestructibilité absolue au feu, prouvée déjà par quelques incendies, et d'une façon plus nette par les résultats des expériences sur la résistance du béton armé au feu, faites en septembre et octobre 1899, à l'exposition de Gand.

Résistance du béton armé au feu.

Expériences de Gand. — Les expériences eurent lieu en présence des Ingénieurs de l'État belge et furent conduites par le commandant des pompiers Welsch, de Gand.

Le pavillon éprouvé par deux fois, mesurant en plan

$6\,m \times 4{,}50\,m$, se compose d'un rez-de-chaussée et d'un premier étage couvert en terrasse. Il n'entre dans sa construction que du béton armé; seules les baies sont vitrées par du verre armé. Le plancher haut du rez-de-chaussée a été calculé pour une surcharge libre de 1 000 *kgs* par mètre carré. Le 9 septembre, le plancher haut du rez-de-chaussée fut chargé au moyen de sacs de sable à 1 500 *kgs* par mètre carré. La flèche observée fut le 1/3000e de la portée des poutres.

Un bûcher de 5 à 6 m^3, composé de bois, charbon et pétrole pour inflammation rapide fut établi au rez-de-chaussée et allumé. L'action du feu maintenue pendant une heure à une température de 700°, constatée au moyen de pyromètres, ne donnait au travers du plancher et des parois verticales exposés au rayonnement direct qu'une élévation de température de quelques degrés à peine, si bien qu'à l'extérieur l'on endurait facilement le contact de la main sur la paroi verticale de 0,12 *m* d'épaisseur et que des matières éminemment combustibles placées au-dessus du plancher ne subirent aucune détérioration, malgré la faible distance de 0,12 *m* les séparant de la température de 700°.

Ce résultat, joint à ceux précédemment enregistrés lors des expériences faites il y a quelques années au Caire, démontre l'impénétrabilité, la mauvaise conductibilité du béton armé, avantage qui permet de réaliser avec des cloisons très minces des rideaux coupe-feu parfaits.

La dilatation fit augmenter la flèche du plancher chargé, cette augmentation de flèche disparut d'ailleurs complètement après refroidissement.

L'examen minutieux fait à l'intérieur après extinction permit de constater que la construction n'était atteinte en aucune de ses parties; seules quelques craquelures d'enduit indiquaient l'action d'une température élevée.

Cette première expérience très probante devait être complétée par une autre destinée à reconnaître si un plancher en béton armé, bien qu'ayant résisté à un violent incendie, est encore capable de supporter les mêmes charges et dans quelles conditions.

La deuxième expérience date du 28 septembre 1899. Le plancher haut du rez-de-chaussée qui avait subi l'action du feu fut chargé à 2 040 *kg* par mètre carré au moyen de gueuses de fonte. La flèche correspondant à la charge de 1 500 *kgs* fut exac-

tement la même qu'aux premières expériences, avant que le pavillon eût subi l'action du feu. A la suite de cette constatation on laissa la charge de 2 040 *kgs* sur la moitié du plancher haut du rez-de-chaussée, l'autre partie étant occupée par un bûcher. La terrasse fut à son tour chargée à 1 000 *kgs* par mètre carré et un bûcher installé au rez-de-chaussée, emplissant complètement la pièce. A 4 h. 6 m. le feu fut mis simultanément en haut et en bas. L'incendie se développa rapidement, atteignant une intensité inouïe, maintenue jusqu'à six heures et demie environ, soit pendant plus de deux heures. Le verre armé de la porte et des fenêtres, qui à cette température s'était ramolli, laissait rayonner une chaleur telle qu'un madrier à 0,20 *m* de distance, à l'extérieur, s'enflamma et ne put être préservé du feu que par aspersion continuelle.

La flèche du plancher qui avant l'incendie était de 1/8 *mm* augmenta graduellement jusqu'à un maximum de 20 *mm*, atteint à 5 h. 40 m.; après cet instant on n'observa plus d'augmentation sensible. Le bâtiment tout entier se dilatait, montrant quelques rares fissures à peine perceptibles qui ne laissèrent jamais passer aucun courant de gaz chauds capables de propager l'incendie ; on laissait encore volontiers la main sur la paroi extérieure alors que les faces intérieures étaient au rouge.

Vers six heures et demie, comme depuis à peu près une heure l'on n'observait plus aucun changement dans l'état du bâtiment malgré l'alimentation continuelle des bûchers en bois et charbon et que jamais un incendie ne serait aussi violent et aussi prolongé, on convint d'éteindre.

L'eau fut jetée à la lance sur les parois du rouge le plus vif afin d'étonner autant que possible la construction. L'extinction fut longue et pénible car les restes de bûchers, quoique noyés, reprenaient immédiatement feu sous l'action du rayonnement des parois.

Après extinction totale, la chaleur intérieure était encore telle qu'il fut impossible de pénétrer pour faire la visite de constatation que l'on remit alors au lendemain matin.

En voici le résultat :

Aucune flexion permanente ne restait aux planchers. Les quelques fissures très légères aperçues la veille étaient refermées, et pour toute dégradation intérieure nous avons remarqué un décollement, en certains points, de l'enduit de ciment fait sur les parois de béton. Une série de pyromètres placés à l'intérieur,

permirent d'évaluer la température à environ 1200° ; car les échantillons de zinc, cuivre et bronze phosphoreux avaient disparu. Le verre des bouteilles contenant le pétrole d'inflammation était également fondu.

Pour redonner au pavillon son aspect primitif il suffisait, pour toute réparation, de la réfection partielle des enduits intérieurs sur les parties décollées.

Ces expériences sont du reste consignées dans un rapport très précis du commandant Welsch à la Fédération royale des sapeurs-pompiers de Belgique.

Four à chaux de Luzech. — La résistance du béton armé aux fortes températures n'est pas seulement accidentelle, elle peut être continue ; ainsi nous avons construit pour la Société Nationale des Gaz Liquéfiés un four à chaux à Luzech (Lot), four destiné à remplacer les fours ordinaires en tôle garnie de briques réfractaires. L'économie de premier établissement fut de 50 0/0 en faveur du béton armé. Le four terminé le 15 octobre dernier a été mis en service le 1er décembre, soit quarante jours environ après déboisage ; depuis ce moment il résiste parfaitement à la température intérieure de 1200 à 1400° qui y est continuellement maintenue.

Constructions incombustibles.

Usines, Théâtres, Musées, Archives. — En dehors des constructions industrielles, l'incombustibilité du béton armé rend son application judicieuse dans tous les édifices susceptibles de contenir momentanément un grand nombre de personnes ou dans les bâtiments de conservation des archives et des collections. Nous voulons parler des théâtres, musées, archives, administrations publiques et grands établissements de crédit.

Un théâtre en béton armé est actuellement en cours d'exécution à Berne, c'est le premier quoique là, plus que partout ailleurs peut-être, l'incombustibilité réelle et absolue soit indispensable et doive être recherchée.

Indépendamment de sa résistance au feu, le béton armé se prête tout particulièrement à l'établissement des porte-à-faux des Balcons et des Galeries, et procurerait le plaisir de pouvoir, des rangs arrière, admirer le spectacle et non le quillage des colonnes intérieures.

Le nouveau Comptoir National d'Escompte est entièrement construit en béton armé : planchers, façades, escaliers, terrasse, casiers dans lesquels sont conservés les archives.

Les archives de la Cour des Comptes à Paris sont également construites en béton armé. Les poitrails sur cour reçoivent des trumeaux au milieu, évalués à 30 000 *kg*. Un poitrail de 3 *m* de portée libre chargé à 45 000 *kg* en son milieu a donné 0,2 *mm* de flèche. La construction a douze étages.

Marchés. — Très mauvais conducteur de la chaleur, le béton armé sera d'un emploi avantageux également pour toutes les installations demandant une égalité de température intérieure.

Les marchés tels que nous les connaissons sont loin de remplir toutes les conditions nécessaires à la conservation des denrées en été, inconvénient que supprimerait le béton armé ; comme exemple citons le marché de Gênes avec ses façades et enduits intérieurs en ciment apparent. La figure 2, vue intérieure dans laquelle on aperçoit en arrière la partie milieu plus élevée et d'une portée de 15 *m*, donne une idée de l'aspect.

Citons encore les marchés, frigorifères, etc., aux abattoirs d'Anderlecht-les-Bruxelles, l'usine à glace de Billancourt où 3 000 m^2 de planchers ont été construits en un mois.

Guérites transportables. — Les petits bâtiments utilitaires transportables, disséminés le long des voies de chemin de fer, étaient au début construits en bois, peu confortables et protégeant fort mal leurs hôtes des changements de température. De plus, un entretien continuel occasionnait d'assez lourdes dépenses.

Pour obvier à ces inconvénients on remplaça le bois par le pan de fer hourdé en briques creuses, mais malheureusement le fer est conductible par excellence et la mince paroi de briques trop diathermane, pour que l'on ait atteint le but proposé.

Des expériences comparatives d'économie et de températures intérieures dans des guérites en fer et briques, d'une part, et en béton armé d'autre part, ont amené plusieurs Compagnies de chemins de fer à nous demander de ces petits bâtiments.

Le poste Saxby de la gare de Joinville *(fig. 3)* est l'un des derniers construits. Les parois de béton armé, mauvaises conductrices de la chaleur, et la terrasse recouverte de gravier qu'on peut inonder en été, y assurent un séjour intérieur agréable.

A ces avantages s'ajoutent celui d'un entretien absolument nul.

La hauteur totale de la construction est de 8,50 *m*. Le plancher intermédiaire et l'encorbellement de 2 *m* qui porte à son extrémité le sémaphore de 1 300 *kg* sont à 4 *m* au-dessus du sol.

Encorbellements.

Cet encorbellement peu important nous amène à en citer quelques autres exemples :

Aux Grands Moulins de Nantes, un encorbellement de 4 *m* porte les chaudières, donnant une surcharge de 7 500 *kg* par mètre carré. Au même endroit, une estacade de 9 *m* de porte-à-faux subit à son extrémité le passage d'une grue de 25 *t*, et en arrière d'une voie ferrée normale de 1,50 *m*.

Les encorbellements du Grand-Palais des Beaux-Arts sont le prolongement sur 3,10 *m* des planchers situés en arrière de 9,80 *m* de portée. A chaque poutre du plancher correspond une console. Dans leur section d'encastrement, les consoles, espacées de 3,24 *m*, n'ont qu'une hauteur de 0,50 *m*, soit à peine le 1/6e de la portée. Calculées pour une surcharge uniformément répartie de 500 *kg* par mètre carré, elles ont été essayées au double.

Au Palais des Lettres, Sciences et Arts, à l'Exposition de 1900, les galeries extérieures et leurs porte-à-faux *(fig. 4)*.

Citons encore les encorbellements de la ligne de Ceinture et l'emploi, très heureux au point de vue architectural, pour l'élargissement des ponts en pierre.

Escaliers.

On comprend aisément qu'il ne suffit pas d'avoir des planchers incombustibles, mais qu'il faut aussi des moyens d'accès d'étage à étage indestructibles au feu; et là le béton offre des ressources innombrables et permet les solutions les plus avantageuses et les plus intéressantes.

Comme exemple : les escaliers des tourelles d'angle du Petit-Palais des Beaux-Arts, escaliers hélicoïdaux de 12 *m* de diamètre dans la hauteur de l'étage de soubassement ; les paliers, complètement en porte-à-faux, atteignent des saillies de 4 *m*.

Au Grand Palais des Beaux-Arts, plusieurs escaliers monumentaux sont en béton armé, entre autres les deux escaliers des galeries latérales sur l'avenue d'Antin.

Toitures.

Le béton armé est aussi applicable aux couvertures, combles et charpentes de constructions industrielles ou décoratives, et permet de remplacer économiquement et avec moins d'épaisseur tous les pans de fers.

Une construction, exécutée des fondations aux combles en béton armé, façades comprises, n'exclut pas par cela toute idée artistique, tout effet architectural, les quelques phototypies ci-jointes le montrent aisément.

Comme exemple de décoration intérieure nous pouvons citer le plafond et les colonnes de la Salle des Mariages, à Gênes;

Le grand immeuble de la Compagnie *la New-York*, à l'angle de la rue Le Peletier et du boulevard des Italiens;

Les agrandissements des Magasins du Bon Marché, rue du Bac, etc.

Comme exemple de décoration extérieure : le Marché de Gênes, la maison Grüner, à Leipzig, la propriété de M. Hennebique, rue Danton, etc.

Combles. — Comme comble et charpente, les combles à la Mansard des nouveaux magasins du Bon Marché et les charpentes de la fonderie Balcock et Wilcox *(fig. 5)*.

Coupoles. — La solution des coupoles est aussi aisément résolue par le béton armé, comme exemple :

La coupole de la Banque Brünner, à Bruxelles, 7,60 *m* de diamètre, reposant, par l'intermédiaire d'un plancher périphérique. sur un rectangle dont les murs sont distants de 11 *m* × 14 *m*. Bel exemple au point de vue résistance ;

La coupole de l'hôtel Shepeard's, au Caire, 14 *m* de diamètre : de forme cylindro-sphérique, elle repose sur un contour octogonal ;

Enfin, la coupole du grand hall de l'Établissement thermal de Vichy mesure en plan 26 *m* × 26 *m (fig. 6)*.

Sheeds et terrasses. — Les combles à éclairage régulier ou sheeds, dont une application intéressante a été faite, notamment, en 1898 à Boulogne, ont de grands avantages sur la construction ordinaire.

L'économie de premier établissement des terrasses à éclairage régulier fait un peu abandonner aujourd'hui les sheeds en faveur de ces terrasses en béton armé.

Lorsqu'il s'agit, comme dans les docks de Calais, d'un entrepôt de sucres, toute circulation d'air devient véhicule hygrométrique et constitue un inconvénient grave des combles en bois ou fer couverts en tuile.

Le béton armé intercepte tout courant d'air et assure une conservation parfaite des sucres entreposés.

La Chambre de Commerce de Calais, qui avait ses entrepôts déjà édifiés à la façon ordinaire, les a abandonnés pour une reconstruction nouvelle dans l'ordre d'idées précité et la réussite est parfaite ; la surface, de plus de 5 000 m^2, est couverte en terrasse surmontée d'une couche de terre de 0,35 *m*.

Les poteaux de support sont distants de 9 *m* d'axe en axe.

Dans ce cas, comme dans toute application du béton armé aux combles et terrasses, les avantages d'économie et d'incombustibilité sont notables. La terrasse recouverte d'une couche étanche surmontée de gravier assure l'égalité de température intérieure souvent très importante à réaliser, et par cela même supprime les condensations dans les locaux à état hygrométrique élevé.

Réservoirs, cuves, canalisations.

Les réservoirs, cuves, canalisations, etc., sont une des premières applications du ciment armé ; les premiers essais ont été continués et surpassés ainsi que le prouvent les quelques exemples ci-dessous.

Le réservoir de Scafati, construit au sommet d'une usine, exposé à toutes les intempéries, est construit depuis plusieurs années : les bourrasques n'ont rien pu contre sa stabilité, pas plus que les coups de soleil contre son étanchéité.

Les deux réservoirs superposés de 100 m^3 et 200 m^3, construits pour la Compagnie de Saint-Gobain, au Boucau, ont une hauteur totale au-dessus du sol de 20,40 *m*. L'inclinaison des poteaux a été commandée par des fondations (pieux en bois) déjà préparées pour un réservoir en tôle.

Les réservoirs de l'usine d'air comprimé de la Compagnie des Omnibus, à Billancourt (*fig.* 7), ont des capacités de 600 m^3 et 452 m^3. Le diamètre intérieur est de 12 *m*. Le radier du réservoir

en élévation est à 14 *m* au-dessus du sol et la hauteur totale des réservoirs est de 24,25 *m* dont 6 *m* au-dessous du sol.

Le réservoir de Ville-Évrard est à peu près semblable.

Les cuves à pâte aux papeteries du Limousin montrent avec quelle facilité le béton armé se prête au passage des organes en mouvement.

Silos.

Une autre catégorie de constructions peut être classée avec les réservoirs et les cuves, ce sont les silos à grains ou à charbon. Exemple : Silos des mines de Lens et Douvrin, construits sur les rives du canal de Roubaix : leur capacité est de 320 *t* de charbon. Ils reposent par 8 colonnes de 30 × 30 fondées chacune sur 4 pieux de 5 *m* de longueur.

L'aspect de ce colosse aux jambes grêles a beaucoup impressionné le public et intéressé vivement les Ingénieurs.

Tout le monde fut rassuré quand un autre silo de 1 200 *t*, construit pour la même Compagnie, à Pont-à-Vendin, et reposant sur 16 poteaux, complètement chargé, a vu l'un de ses pieds emporté par une rame de wagons en dérive sans compromettre en rien sa stabilité.

Depuis trois ans que ces silos sont en service, nous en avons fait beaucoup d'autres plus importants pour les principales Sociétés houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

A Strasbourg, 45 silos de 4 *m* × 4 *m* et de 16 *m* de hauteur contiennent 180 *t* de grains. Toutes les constructions accessoires, tous les planchers de cette importante installation sont également en béton armé.

Les silos de Gênes font partie d'un ensemble de constructions entièrement en béton armé, couvrant 7 800 m^2 fondées sur une semelle générale faisant travailler le sol à 1,6 *kg* par centimètre carré. La hauteur des bâtiments des silos est de 22,50 *m* et du bâtiment des machines de 33,50 *m*.

La Tour à Charbon pour la fabrication du coke aux mines d'Anïche (*fig.* 8) comprend 4 silos de 90 m^3 chacun. Le pylône portant cette masse à grande hauteur a ce même aspect frêle et hardi des poteaux des silos de Lens. Ces silos sont en charge et aucune trépidation, aucune oscillation des points d'appui n'a jamais été remarquée.

Canalisations.

En même temps que des cuves et des réservoirs, les premiers essais de ciment armé, depuis longtemps connus, portaient aussi sur des tuyaux, des canalisations.

L'exemple du canal du Simplon *(fig. 9)* suffit à montrer le grand essor que cette application a pris aujourd'hui. La perforation du tunnel du Simplon et son éclairage nécessitent une force motrice de 6 000 *ch*, que l'on songea à créer par une dérivation du Rhône. Le canal d'amenée, grâce au béton armé, a pu se prêter à toutes les sinuosités du parcours; sur sa longueur totale de 3 *km*, il se déroule avec souplesse dans la vallée ou à flanc de coteau.

La section de cet aqueduc est de 3,96 *m*, l'eau y circule à la vitesse de 2 *m* à la seconde dans des conditions parfaites.

Couvertures de réservoirs ; revêtements de tunnels ; revêtements de berges de canaux. — Pour les puits, les tunnels et toutes constructions souterraines, le béton armé peut trouver avec grand avantage son emploi. Ayant une densité de résistance dix fois (et même plus) supérieure à celle de la maçonnerie ordinaire, il en résulte une diminution d'épaisseur simplifiant considérablement les travaux de déblais et de terrassements. L'étanchéité et l'économie ajoutent encore à ces avantages.

Certains tunnels existants dont les maçonneries se désorganisent peuvent être renforcés pour toujours sans dislocation postérieure possible.

On a aussi employé le béton armé pour parer aux infiltrations d'eau ; comme exemple, nous citerons le revêtement du tunnel du Col de Bussang.

Passerelles et ponts.

Lors de la construction de nos premiers planchers, dont les essais statiques étaient admirables, on nous prédit des mécomptes pour les planchers industriels, chargés de machines en mouvement; la désagrégation devait en avoir vite raison. Nous avons répondu que rien n'était moins probable. En effet, nous avions sous les yeux des quantités de planchers dont les voussettes en briques reposent sur les ailes de fer double T.

Ces voussettes, hourdées en mortier de chaux plutôt maigre, ne se désagrègent pas, malgré les trépidations souvent accentuées par la faiblesse des planchers. Les solives y sont placées à des distances variant de 1 *m* à 2,30 *m* sans entretoises. Dans nos planchers en béton armé, les barres munies de leurs étriers ont un écartement maximum de 0,25 *m*, réduisant à cette portée la distance à franchir par le béton. De plus, la résistance moléculaire du béton de ciment est sûrement trois ou quatre fois plus grande que celles des mortiers de chaux employés pour les voussettes de briques.

L'expérience a largement justifié nos dires et nous avons rendu compte plus haut des essais concluants de vibration à la sous-station électrique de la Compagnie d'Orléans. Enfin nous avons exécuté les constructions subissant les trépidations les plus grandes, et jamais aucune des nombreuses applications n'a souffert de la présence des organes en mouvement. (Transmissions, ponts roulants, moteurs, accumulateurs, etc.)

Ce que l'on avait dit pour les planchers, on le redit ensuite pour les ponts. C'était la même objection ; nous fîmes la même réponse et l'expérience nous a toujours donné raison.

Nous avons vu l'action des vibrations ; pour compléter l'avantage physique, sensible surtout dans les grands ponts, comparons les poids morts des ouvrages en fer et en béton armé.

La construction en fer, grâce aux progrès de la métallurgie, augmente sans cesse le travail unitaire du métal, d'où diminution du poids mort alors que les surcharges types réglementaires augmentent et principalement pour les ponts de chemin de fer. La disproportion du poids de l'ouvrage et des surcharges libres s'accentue, les trépidations sont plus sensibles et les assemblages résistent mal. L'inconvénient est encore plus grand dans les ponts biais, où les flèches de chaque poutre sont différentes sous un même essieu et développent dans les poutrelles d'entretoisement des efforts fâcheux de torsion.

Le béton armé, donnant des flèches et des vibrations infiniment moindres, marque déjà une grande supériorité au point de vue physique.

Au point de vue chimique, les ennemis implacables des ponts en fer sont sans contredit l'oxydation et la sulfuration, cette dernière se manifestant surtout aux passages supérieurs voisins des gares où l'on charge les foyers. Les fumées chargées de

produits sulfurés attaquent alors le métal, jusqu'à destruction totale si l'on n'y remédie.

L'état critique de certains ouvrages métalliques nous a conduits à étudier un renforcement possible assurant à l'ouvrage une résistance nouvelle indéfinie. Il importait avant tout de savoir comment se comporterait le métal oxydé noyé dans le béton. Une barre recouverte d'oxyde, noyée dans la maçonnerie alcaline du béton se décape très rapidement. L'oxyde est réduit en partie et le reste, pénétrant le béton, forme une alvéole d'une dureté extraordinaire. Ce fait est bien connu et il y a longtemps que l'on a remarqué la valeur toute spéciale des bétons gâchés à l'eau rouillée. Le coefficient d'adhérence du fer rouillé, noyé ainsi dans le béton, atteint son maximum, et l'on peut dire que l'on passe de l'élément fer à l'élément béton presque sans transition. Un autre point intéressant était de savoir si les trépidations ne troubleraient pas la prise du béton. Là encore les expériences ont été concluantes. Ces deux conditions assurées, la réussite des renforcements est alors certaine si l'armature supplémentaire est judicieusement répartie.

Une application de ce principe est actuellement en exécution sur un pont à Périgueux.

Une autre application d'entretien maintes fois faites déjà avec succès est le remplacement des platelages en bois par des platelages en béton armé.

Après cette question incidente des renforcements, nous abordons la construction des ponts proprement dits, avec les avantages de poids morts, de résistance aux vibrations, de conservation du fer dans le béton et d'inaltérabilité du béton à l'air, qui dispense totalement d'entretien les grands ponts soumis à une surveillance continuelle et assure aux petits ouvrages laissés sans entretien une conservation indéfinie.

Dans cet ordre d'idées, nous procurons une solution très économique d'un problème d'intérêt général considérable : les Ponts Vicinaux.

Combien de chemins en France sont interceptés par de petits cours d'eau et souvent que d'intérêts lésés devant la dépense élevée d'un pont. Quelques pieux, un tablier et la circulation est établie sans que le régime du cours d'eau traversé se trouve modifié par la présence de culées.

Tel est le pont de Tonnerre, d'une longueur totale de 21 mètres en trois travées (celle milieu de 11,50 *m*), constitué par 8

pieux. une chaussée de 2,20 *m* et 2 trottoirs de 0,70 *m*, calculé pour un essieu de 8 tonnes. Le tout, chaussée, garde-corps et trottoirs compris, pour 6500 francs.

La passerelle reliant le Palais du Trocadéro à l'Exposition de Madagascar, longue de 36 *m* et large de 15 *m* est également en béton armé.

La passerelle du quai Debilly *(fig. 10)* fait suite au pont d'Iéna, pour permettre pendant l'Exposition l'accès direct du Trocadéro au Champ-de-Mars. La circulation du quai de Billy est assurée au-dessous, entre deux parois de soutènement en béton armé. Le pont a 30 *m* de largeur totale, dont 8 *m* de chaussée et deux trottoirs de 11 *m* chacun. Il est composé de 12 arcs de 14 *m* de portée,distants de 2,50 *m* environ ayant 0,60 *m* de flèche, soit environ 1/23 de la portée. Des poutrelles normales à ces arcs supportent un hourdis d'une épaisseur variable, constituant les trottoirs et la chaussée. Les culées, également en béton armé, et d'un type tout spécial, reportent uniformément sur le terrain arrière les poussées des arcs avec un coefficient de travail aussi faible que le comporte la nature du sol. Le tablier a été calculé pour une surcharge de 600 *kg* par mètre carré et pour le passage sur la chaussée, de files de tombereaux de 6 *t* chacun. Les épreuves du chargement du tablier ont eu lieu le 6 février dernier de la façon suivante :

1° Charge uniforme de 600 *kg* par mètre carré sur toute la surface du pont, soit 252 tonnes.

2° Sur la travée, de tête côté amont, la charge a été augmentée et portée à 900 *kg* par mètre carré, soit une fois et demie la charge calculée. La flèche maxima atteinte fut de 6 *mm* 5, soit 1/2154e de la portée.

Les culées ont résisté parfaitement sans tassement ni déformation. Les flèches et déplacements étaient mesurés par des appareils amplificateurs enregistreurs dont les diagrammes accusent très nettement la régularité parfaite des flèches et des relèvements.

Nous ne parlerons pas ici des murs de soutènement du quai Debilly, d'un type tout particulier et qui ont fait l'objet d'une note parue en 1899 dans le *Génie Civil*.

Quelques essais timides de ponts sous voies ferrées ont été faits; entre autres, je citerai le pont de Rolle, ligne du Jura-Simplon, construit en novembre 1897 et en service depuis cette époque; sa portée est de 4,40 *m*.

Pont de Châtellerault. — Enfin nous avons abordé les grands ponts, et comme exemple, je citerai le pont de Châtellerault sur la Vienne *(fig. 11 et 12)*.

Cette importante application du système Hennebique date de l'an dernier.

Fondations, piles, culées, arcs, montants de tympan et tablier sont en béton armé. Cet ouvrage, d'une longueur totale de 135 *m*, se compose de 3 travées, deux arches latérales de 40 *m* d'ouverture et 4 *m* de flèche, et une arche centrale de 50 *m* d'ouverture et de 4,80 *m* de flèche. Quatre arcs de 0,50 *m* de largeur portent, par l'intermédiaire de potelets verticaux de 20 × 20 espacés de 2 *m*. le tablier de 8 *m* de largeur, les trottoirs se trouvent partiellement en porte-à-faux. Calculé pour livrer passage à un chariot à un essieu pesant 11 tonnes, ou à une file de chariots à deux essieux de 16 tonnes, les épreuves par poids mort ont été commencées le 29 mars 1900 et terminées le 5 avril au soir. Ces essais ont été faits à l'aide de sable humide à raison de 800 *kg* par mètre carré de chaussée, et 600 *kg* par mètre carré de trottoir soit une fois et demie les surcharges par poids mort prévues (290.000 *kgs* pour la seule travée centrale). Les maxima de flèches prévus au cahier des charges étaient pour les arches de 40 *m* : 0,50 *m*; pour l'arche centrale 62,5 *mm*. « En fait, les abaissements maxima, dit le procès-verbal d'épreuve, » signé de M. Antin, Ingénieur des ponts et chaussées, dans » les conditions de surcharge les plus défavorables, ont été de » 6 *mm* pour l'arche de rive gauche, 5 *mm* pour l'arche de rive » droite et 10 *mm* pour l'arche centrale, soit en moyenne pour » les arches de 40 *m* d'ouverture, 1/7300ᵉ de la portée, et pour » l'arche centrale de 50 *m* 1/5000ᵉ de la portée.

» Lorsque les surcharges ont été enlevées et le pont com- » plètement débarrassé, les arcs sont revenus très exactement » à leur position initiale. La visite détaillée du pont, pendant » et après les opérations, a démontré que les surcharges appli- » quées n'avaient déterminé aucune fissure, soit dans les arcs, » soit dans le tablier et les piliers le supportant, soit dans les » piles et culées. »

Les épreuves sous charges roulantes auront lieu incessamment, les moments fléchissants et efforts tranchants qui en résulteront seront de beaucoup au-dessous des épreuves par charges statiques.

Ajoutons que ce pont, d'un caractère architectural plus heu-

reux que celui des ponts métalliques dont il a néanmoins la légèreté, présente une économie de 1/5 sur le projet en fer.

L'éloquence de ces résultats dispense de tout commentaire et suffit à prouver la place prise actuellement par le béton armé dans les Grands Travaux Publics aussi bien que dans la Construction privée.

J'espère avoir mis en évidence sa valeur et son adaptation parfaites dans toutes les constructions pour lesquelles il fournit, par un emploi rationnel, des solutions élégantes et parfois uniques.

LES FORCES MOTRICES

DU HAUT-RHONE FRANÇAIS

100 000 chevaux hydro-électriques par les basses eaux

200 000 chevaux hydro-électriques par les eaux moyennes

PAR

M. F. BONNEFOND

Au moment où les grandes forces motrices hydrauliques du monde entier sont mises, ou sur le point d'être mises, en activité par le génie humain sous forme d'électricité, il nous a paru intéressant d'appeler l'attention des Ingénieurs et des Industriels sur les projets d'installations de très importantes forces motrices qui sont actuellement soumis aux enquêtes et qui ont été étudiés par trois groupes différents d'Industriels.

Disons un mot tout d'abord sur l'ensemble de ces projets :

Sur le parcours qui s'étend de Pyrimont au Fort de l'Écluse, près la frontière suisse, le Rhône présente une grande déclivité ; par endroits même, comme à la « Perte du Rhône », par exemple, le fleuve se précipite dans de véritables gouffres et atteint brusquement des différences de niveau très grandes. Bref, sur un parcours de moins de 20 *km*, il dépasse 64 *m* de dénivellation !

D'autre part, depuis que la ville de Genève, au moyen du lac Léman comme réservoir, a régularisé les bas débits du fleuve, on peut compter sur un débit de 150 m^3 à la seconde sitôt après la jonction du Rhône et de l'Arve, par les plus basses eaux.

Il s'ensuit que la force motrice *effective* minimum, qui peut être créée sur ce parcours de 20 *km*, dépasse 100 000 *ch*.

Et si au lieu de se baser sur les plus basses eaux, on voulait tabler sur le débit moyen du Rhône en ce point, pendant 9 à 10 mois par an, on pourrait compter sur 200 000 *ch* !

Une Compagnie anglo-suisse utilise déjà 10 000 *ch*. Les trois autres projets appartiennent à des groupes d'Industriels français qui attendent avec impatience que les formalités administratives

soient terminées pour commencer leurs travaux, et, à ce sujet, il est même curieux de constater qu'il y a trente ans toutes les formalités furent remplies en trois mois, alors qu'actuellement les projets français attendent depuis près de deux ans ; cependant les études ont été faites depuis longtemps, les terrains nécessaires ont été achetés et les capitaux sont prêts.

Passons rapidement en revue ces trois projets :

1° — Projet de Malpertuis.

A 4 *km* en aval de Bellegarde, le Rhône se précipite d'une hauteur de 10 à 12 *m* environ, à la « Passe de Malpertuis » (voir plan d'ensemble) *(fig. 1)*.

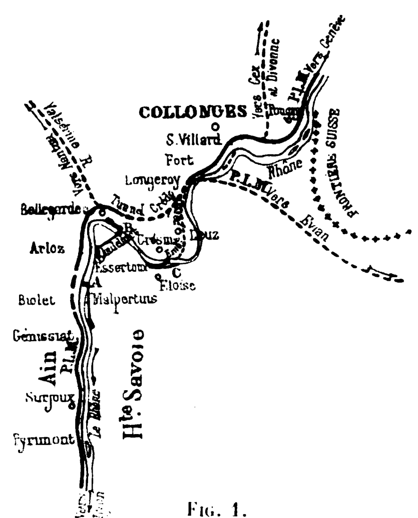


Fig. 1.

Le fleuve coule entre deux berges absolument à pic et à peine écartées de 50 *m*.

L'économie du projet consiste à barrer le Rhône en A et à en dériver une partie (150 m^3 à la seconde) au moyen d'un tunnel de 60 m^2 de section environ et de 1 900 *m* de longueur.

Ce projet utilisera une chute totale de 17 à 18 *m* de hauteur, ce qui donnera une force motrice effective d'environ 25 000 *ch* utilisables par les basses eaux d'hiver, c'est-à-dire au moment où les glaciers sont complètement gelés. Les études de ce projet sont dues à M. Supéry, Ingénieur à Lyon. Le groupe industriel qui est en nom dans cette entreprise a pour raison sociale : Planche et Cie.

2° — Projet de la Boucle du Rhône.

Ce projet *(fig. 1)* comporte un barrage en B, au lieudit : « Les Andelières » situé à 700 *m* environ au-dessus du pont de Lucey, à la Perte du Rhône un peu en amont de Bellegarde.

Ici les rives sont plus espacées qu'à Malpertuis et le barrage mesurera près de 100 *m* de largeur sur une hauteur de 6 à 7 *m*.

Puis un tunnel situé immédiatement en amont du barrage

dérivera également 150 m^3 d'eau à la seconde (sauf pendant les basses eaux où le débit ne sera guère que de 80 à 90 m^3 à cause de la dérivation déjà existante sur la rive droite).

Ce tunnel mesurera 1 400 *m* de longueur et aboutira aux Essertoux, en face du village d'Arlod.

Ce projet utilisera une chute d'environ 27 à 28 *m* de hauteur et produira une force motrice de 24 à 25 000 *ch*, plus 5 à 6 000 *ch* directement utilisés au moyen d'une petite usine génératrice installée à côté du barrage, lui-même, sur la rive droite. C'est donc, en tout, près de 30 000 *ch* qui seront utilisés par ce projet qui a été étudié, dans le début, par le signataire du présent mémoire, qui en fut le promoteur. Puis, pour des considérations qui n'ont rien à faire ici, les études définitives furent confiées à MM. Gotteland, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et Garcia, notre collègue.

3° — Projet du Pont de Grésin.

Nous nous étendrons un peu plus longuement sur ce troisième projet qui a été étudié par nous en collaboration avec MM. Buffaud et Tavian, Ingénieurs des Arts et Manufactures à Lyon :

Généralités. — Le pont de Grésin est un petit ponceau situé sur le Rhône, à 3 500 *m* en amont de Bellegarde, à 12 *km* environ de la frontière suisse.

Il relie la commune de Léaz (Ain) à celle d'Eloise (Haute-Savoie) ; il est placé au fond d'une gorge abrupte au pied de laquelle se déroule le cours sinueux et rapide du Rhône.

Les escarpements sont formés de broussailles et de ravins ; leur valeur est de peu d'importance. De ce fait, l'amplitude du remous occasionné par l'édification d'un barrage ne peut entraîner à de grands frais d'acquisitions de terrains.

De plus, une partie dénudée, errodée sur la rive gauche du Rhône, d'une largeur de 70 *m* en moyenne sur plus de 400 *m* de longueur parallèlement au fleuve, se prête admirablement à l'établissement d'une importante usine génératrice en C *(fig. 1 et 2)*.

A cet endroit, le Rhône coule dans un étroit goulet qu'il s'est creusé dans les molasses marines ; la largeur du goulet est d'environ 25 *m*, sa profondeur de 25 *m* également dont 8 *m* d'eau en eaux moyennes.

Ces molasses sont très résistantes et peuvent servir d'assises

aussi bien à une usine qu'à un barrage, en offrant toute sécurité.

A cela, il convient d'ajouter que cet emplacement se trouve à proximité de grandes routes, de la ligne du chemin de fer P.-L.-M. de Lyon à Genève et de Bellegarde au Bouveret, conditions d'une réelle importance pour faciliter la création d'industries sur place, employant la force produite, car le projet comporte l'établissement d'un embranchement particulier de 3000 *m* qui reliera les usines au chemin de fer P.-L.-M

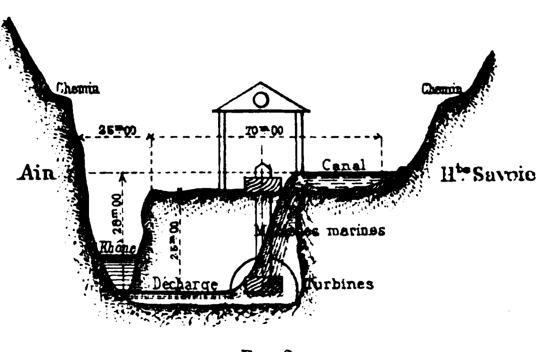


Fig. 2.

Achat de terrains. — Disons tout de suite que les auteurs du projet se sont assurés, par des promesses de vente passées avec 130 propriétaires riverains, tous les terrains nécessaires :

1° A l'appui du barrage ;

2° A l'emplacement de l'usine génératrice ;

3° Aux travaux d'amenée et de fuite d'eau ;

4° Au remous de l'eau créé en amont du barrage ;

5° A la construction d'usines utilisant la force produite par l'usine génératrice et à l'installation de l'embranchement particulier reliant les diverses usines au chemin de fer.

L'amplitude du remous occasionné par le barrage atteindra une longueur d'environ 9000 *m* correspondant à une hauteur de chute de près de 20 *m*.

Hauteur du barrage, hauteur de la chute. — Comme nous venons de le dire, le barrage pourrait avoir une hauteur de 20 *m* ; la chute sera donc également de 20 *m* de hauteur au minimum.

Débit à la seconde. — Nous compterons, comme pour les deux autres projets, sur un débit minimum de 150 m^3 à la seconde, bien que, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, ce débit corresponde aux trois mois de grandes gelées, alors que tout le reste de l'année il se maintient à plus de 300 m^3 et au-dessus.

Par conséquent, c'est donc sur une force motrice *effective* minimum de 30 000 *chx* que ce projet peut compter.

Ensemble des travaux à exécuter. — L'ensemble du projet comportera :

1° Un barrage à établir dans le goulet du Rhône pour relever le niveau à une cote suffisante et assurer une chute de 20 *m* environ en eaux moyennes. Ce barrage sera muni de vannes ;

2° Une usine comportant un nombre d'éléments de turbines et de dynamos suffisant pour utiliser la puissance de la chute créée ;

3° Aménagement des canaux de décharge et du déversoir.

L'ensemble de ces travaux est représenté au croquis schématique ci-joint (*fig. 3*).

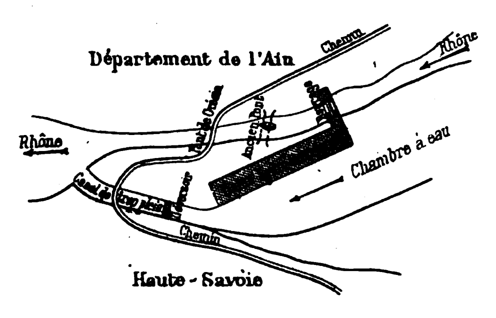


Fig. 3.

Les eaux refoulées par le barrage formeront en amont un vaste lac qui servira de « chambre d'eau ».

Les prises d'eau des turbines seront faites directement dans cette « chambre d'eau » dans les parois du mur de l'usine.

Les décharges se rendront dans le lit du Rhône, en aval du barrage.

Un canal de trop-plein avec vannes et déversoir fera suite au mur de l'usine et permettra de rejeter les eaux dans une partie évasée du lit du Rhône, située en aval de l'usine.

Barrage. — Le barrage sera établi dans un goulet du Rhône dont la largeur ne dépasse pas 25 *m*.

Cette situation et la nature du terrain sont absolument favorables à la construction économique d'un barrage donnant toute sécurité.

Le mode de construction adopté est celui qui a déjà été appliqué à Bellegarde par la Compagnie anglo-suisse à la Perte du Rhône, sur le Rhône.

Il consiste, en principe, à jeter sur le fleuve, au niveau des plus basses eaux, un fort plancher en fer d'une solidité à toute

épreuve sur lequel on monte un massif en maçonnerie de ciment formant la partie supérieure du barrage.

Cette construction doit s'effectuer rapidement pendant la période des basses eaux (décembre-janvier-février).

Pendant la construction de ce barrage, on noie dans le massif des fers inclinés vers l'amont allant jusqu'au fond de la rivière; ces fers forment un treillis contre lequel on appuie, ainsi que le montrent les figures 4 et 5, les matériaux qui doivent compléter

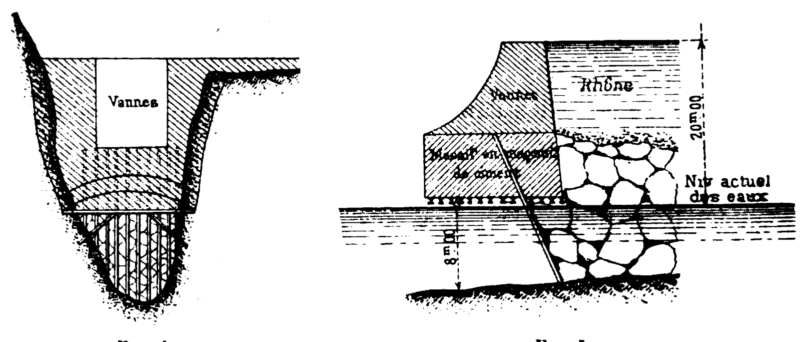


Fig. 4. Fig. 5.

le barrage et dont le colmatage se fait naturellement en quelques jours, grâce aux eaux de l'Arve, qui charrient beaucoup dès la première fonte des glaciers.

Comme on le voit, dans ces conditions spéciales, la partie délicate de l'aménagement d'une force de cette importance, c'est-à-dire le barrage, se trouve réduite à un travail relativement peu coûteux et très simple.

Ce barrage sera muni d'une série de vannes permettant l'évacuation totale des eaux en cas de besoin.

Usine génératrice. — L'usine sera construite de façon à être absolument incombustible ; son sol sera à un niveau tel qu'il ne puisse jamais être atteint par les eaux, même pendant les plus fortes crues.

Elle comprendra, en principe :

1° 15 éléments de 2 000 *ch* composés chacun d'une turbine à axe horizontal et d'une dynamo à courant polyphasé ;

2° Les turbines et dynamos nécessaires à l'excitation ;

3° Un tableau de distribution ;

4° Un pont roulant nécessaire pour la manœuvre des pièces.

Elle comprendra, en outre, un atelier de réparations et une habitation pour le directeur et les employés.

Canaux de décharge, déversoir. — Les canaux de décharge seront, d'après l'étude définitive qui en sera faite, soit réunis dans un collecteur aboutissant à une partie évasée du fleuve et située à l'aval des ouvrages, soit, si on le juge convenable, envoyés directement dans le lit du Rhône en sortant des turbines.

Quant au déversoir, qui termine la chambre d'eau, on lui donnera une dimension suffisante pour pouvoir, en cas de grandes crues, débiter *toutes* les eaux du fleuve ; à ce moment, ses vannes seront complètement ouvertes.

Demande de concession. — Sitôt après la passation des promesses de vente avec les riverains, la création de cette chute a fait l'objet d'une demande de concession adressée, en date du 25 septembre 1898, à M. le préfet de la Haute-Savoie, par l'auteur de la présente étude, agissant en son nom personnel et au nom d'un groupe d'Industriels lyonnais.

Cette demande a été appuyée par les Conseils municipaux des communes intéressées: Collonges, Arcine, Léaz, Clarafond et Eloise ; par MM. Bizot, David et Allombert, députés; par les Conseils d'arrondissement ; par les Conseillers généraux des cantons intéressés et enfin par les Chambres de commerce de l'Ain et de la Haute-Savoie, et par des pétitions des habitants de toute la région.

Elle a reçu un avis favorable de la part de MM. les Ingénieurs du service spécial du Rhône et, enfin, après examen du dossier en Conseil général des Ponts et Chaussées, l'enquête a été ouverte à la suite d'une décision ministérielle du 31 mai 1900.

Conclusions.

Ainsi donc, dans un avenir très rapproché, c'est-à-dire d'ici trois ans environ, à moins de retards tout à fait imprévus, la région de Bellegarde possédera des installations de forces motrices hydro-électriques atteignant 100 000 *ch* effectifs par les plus basses eaux et pouvant être portées au double pendant neuf à dix mois par an !

Ces forces seront utilisées sur place pour la fabrication de produits électro-chimiques ou électro-métallurgiques, tels que le carbure de calcium, le vanadium, les carbonates de soude ou de potasse, l'aluminium, etc., etc.; ou transportées au loin pour les divers besoins des industries situées dans un rayon de 120 à 150 *km*,

grâce aux hautes tensions que permet aujourd'hui le courant électrique, ainsi que cela s'est déjà fait en Amérique pour les chutes du Niagara.

On peut donc dire, dès à présent, que ces forces mettront à la disposition de notre industrie nationale, de puissants moyens d'action car, empressons-nous de le dire, ces forces motrices auront un prix de revient tel que le prix moyen de location est considéré par leurs promoteurs comme ne devant pas dépasser 50 *f* le cheval-an pour une marche constante de nuit et de jour, c'est-à-dire que le prix de location sera presque dix fois inférieur à celui de la vapeur!

CHRONIQUE

N° 248.

Sommaire. — Les locomotives autrichiennes, hongroises et belges à l'Exposition de 1900. — Le transport des grains par eau aux États-Unis. — Rails continus pour chemins de fer. — Dix ans de science.

Les locomotives autrichiennes, hongroises et belges à l'Exposition de 1900. — Locomotives autrichiennes. — La section autrichienne à l'Exposition de Vincennes contient six locomotives provenant de quatre constructeurs : la fabrique de Wiener-Neustadt, précédemment G. Sigl, la fabrique Viennoise de locomotives à Floridsdorf, la fabrique de machines de la Société autrichienne-hongroise des Chemins de fer de l'État, à Vienne, et la fabrique de machines de Krauss, à Linz, succursale en Autriche de la grande fabrique du même nom à Münich.

Fabrique de Wiener-Neustadt. — La première locomotive de cette fabrique appartient à la série II.D du Chemin de fer du Nord Empereur-Ferdinand, dans laquelle elle porte le numéro 252, en même temps que le numéro de construction 4 277. C'est une machine pour trains rapides à deux essieux accouplés, bogie à l'avant et essieu porteur à l'arrière, soit en tout cinq essieux PCM$\overline{\text{PP}}$. Le châssis est extérieur aux roues et les cylindres ainsi que le mécanisme de distribution sont à l'extérieur. La suspension est faite par des ressorts du type belge sans courbure initiale.

Les cylindres ont 470 *mm* de diamètre et 610 de course, les roues accouplées 1,96 *m* et les roues de support 0,97 *m* de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 2,30 *m* et les essieux extrêmes de 8.35 *m*.

La chaudière a de grandes dimensions ; elle porte deux dômes non réunis ensemble avec la sablière entre les deux ; le régulateur est placé sur le côté du dôme avant avec sa manœuvre à l'extérieur. La surface de grille est de 2,88 m^2, la surface de chauffe directe de 13,20 *m* et la surface totale de 141.70 *m*. Le corps cylindrique a 1,47 *m* de diamètre et contient 230 tubes de 53 *mm* de diamètre extérieur et 4,11 *m* de longueur. Le timbre est de 13 *atm*. La distribution est du type Walschaerts.

La machine pèse 53 800 *kg* à vide et en service 59 700, dont 27 500 sur les essieux accouplés. Elle est accompagnée d'un tender portant 15 m^3 d'eau et 7 500 *kg* de charbon et pesant en charge complète 36 700 *kg*.

La deuxième machine, qui porte le numéro de construction 4 266, est une locomotive à fortes rampes, série 170 des chemins de fer de l'État Autrichien, n° 17 009.

C'est une machine compound à deux cylindres, avec quatre essieux

accouplés et un essieu porteur à l'avant CMCCP. Le châssis est intérieur aux roues et les cylindres et le mécanisme de distribution extérieurs ; ce dernier est du type Walschaerts. La machine étant destinée entre autres au service de la ligne de l'Arlberg qui, avec des déclivités de 25 0/00, présente des courbes de faible rayon, l'essieu accouplé d'arrière et l'essieu accouplé d'avant ont un jeu transversal assez considérable, jeu qui se reproduit dans le contact des boutons et des bielles d'accouplement des mêmes essieux. Le foyer est au-dessus des roues d'arrière ; la boite à fumée est du type dit prolongé. La chaudière porte deux dômes avec un gros tuyau horizontal les faisant communiquer : le régulateur est sur le dôme d'avant du côté droit, côté du cylindre à haute pression, avec manœuvre extérieure.

Les cylindres ont 540 et 800 *mm* de diamètre et 632 de course ; les roues accouplées 1.270 *m* et les roues de support 0,830 *m* de diamètre.

La chaudière, timbrée à 13 *atm*, a 3,35 m^2 de surface de grille, 14 de surface de chauffe directe et 227 m^2 de surface totale. Elle contient 295 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,98 *m* de longueur.

Le poids à vide est de 60 000 *kg* et en service de 69 000, dont 57 000 sur les quatre essieux accouplés. Le tender de cette machine n'est pas exposé.

Fabrique Viennoise de locomotives à Floridsdorf. — La machine construite par cette fabrique est une machine à grande vitesse, série 106 n° 10 652 des Chemins de fer de l'État Autrichien. Elle porte le numéro de construction 1 337.

C'est une locomotive à deux essieux accouplés et bogie à l'avant CMPP, du système compound à deux cylindres. Le châssis est intérieur, les cylindres et la distribution, du type Walschaerts, à l'extérieur.

Les cylindres ont 500 et 700 *mm* de diamètre avec 680 *mm* de course, les roues accouplées ont 2,120 *m* et les roues du bogie 1,024 *m* de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 2,80 *m* et l'écartement des essieux extrêmes est de 7,30 *m*.

La chaudière porte deux dômes réunis par un tuyau de communication et est timbrée à 13 *atm*; elle a le régulateur sur le côté du dôme avant avec manœuvre extérieure : la grille a 2,90 m^2 de surface, le foyer 11 m^2 et la surface de chauffe totale est de 155,9 m^2. Le corps cylindrique contient 205 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,40 *m* de longueur.

Le poids à vide est de 49 600 *kg* et en charge de 55 600 dont 28 800 *kg* de poids adhérent. On voit que la charge du bogie est de 27 *t* environ, ce qui s'explique par le fait que le bogie est très en arrière par rapport à la chaudière, suivant la tradition autrichienne, en opposition avec la pratique anglaise et américaine, qui s'est répandue à peu près dans toute l'Europe.

La machine est accompagnée d'un tender à trois essieux pesant 38 000 *kg*, avec 16 790 *l* d'eau et 5 300 *kg* de combustible.

Fabrique de machines de la Société Autrichienne-Hongroise des Chemins de fer de l'État, à Vienne. — La première locomotive construite par cette

fabrique, longtemps dirigée par John Haswell, appartient à la série 30 nº 13004 des Chemins de fer de l'État Autrichien et est destinée au chemin de fer métropolitain de Vienne ; elle porte le numéro de construction 2815.

C'est une locomotive-tender du système compound à deux cylindres, à cinq essieux, dont trois accouplés compris entre deux porteurs à déplacement radial $\overline{P}CMC\overline{P}$. Cette disposition est justifiée par le tracé du chemin de fer métropolitain, qui comporte des rampes de 20 0/00 et des courbes dont le rayon descend parfois à 120 *m*.

Le châssis est intérieur, les cylindres extérieurs, ainsi que la distribution du type Walschaerts. Le cylindres ont 520 et 740 *mm* de diamètre, avec 632 *mm* de course. Les roues accouplées ont 1,30 *m* et les roues de support 0,87 *m* de diamètre : les essieux accouplés sont écartés de 2,90 *m* et les essieux extrêmes de 7,70 *m*.

La chaudière porte deux dômes avec tuyau de communication, le dôme de l'avant ayant le régulateur sur le côté droit avec commande extérieure. Le timbre est de 13 *atm* ; la grille a 2,30 m^2, le foyer 10,50 m^2 de surface, la surface de chauffe totale étant de 144,5 m^2. Le corps cylindrique a 1,32 de diamètre, il contient 200 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,164 *m* de longueur. Son axe est à 2,505 *m* au-dessus des rails.

La machine pèse 53000 *kg* à vide et, avec 8500 litres d'eau contenus dans des caisses latérales à la chaudière et 2500 *kg* de combustible, 69400 *kg*, dont 43000 sur les essieux accouplés.

La seconde locomotive est une machine à fortes rampes, série 9 nº 921 des Chemins de fer de l'État Autrichien; elle porte le numéro de construction 2816. Elle est à cinq essieux, dont trois accouplés et deux formant bogie à l'avant. $CMC\overline{PP}$, C'est une compound à deux cylindres. Le châssis est extérieur aux roues et les cylindres sont intérieurs et inclinés. L'essieu coudé, qui est en avant des deux essieux accouplés avec lui, a trois boites, dont une au milieu. La distribution est du type Walschaerts ; elle est en partie extérieure. La coulisse est actionnée par un énorme excentrique de près de 0,70 *m* de diamètre placé à l'extérieur des longerons entre ceux-ci et la manivelle d'accouplement. Le levier d'avance, placé exterieurement, est mu par la bielle d'accouplement.

Les cylindres ont 530 et 810 *mm* de diamètre et 720 de course. Les roues accouplées ont 1,820 *m* et les roues du bogie 1,034 *m* de diamètre. L'écartement des essieux accouplés est de 3,90 *m* et l'écartement total de 8,46 *m*.

La chaudière a 3,1 m^2 de surface de grille et 191 m^2 de surface de chauffe totale. Elle est timbrée à 14 *atm*. Le corps cylindrique, de 1,60 *m* de diamètre, contient 273 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,40 *m* de longueur. Son axe est à 2,60 *m* au-dessus du rail. Il y a sur la chaudière, au lieu du ou des dômes ordinaires, un gros réservoir à axe horizontal communiquant avec le corps cylindrique par deux tubulures. Les sablières ne sont pas sur la chaudière, mais, selon un usage fréquent en Angleterre, sur le tablier entre les roues. Le démarrage est du

système Golsdorf sans mécanisme spécial et les commandes de distribution des deux cylindres sont liées.

La machine pèse 63 200 *kg* à vide et, en service, 69 800 *kg* dont 43 000 sur les roues accouplées, ce qui laisse 26,8 *t* sur le bogie, comme permet de le prévoir la disposition de la machine très chargée à l'avant.

Ce type est destiné à la traction de trains lourds à une assez grande vitesse sur des lignes présentant des rampes notables.

Il a remorqué aux essais 207 *t* à 65 *km* sur rampes de 10 0/00, ce qui correspond à un travail de 1 300 *ch* ou 6,8 *ch* par mètre carré de surface de chauffe. Le tender de cette machine ne figure pas à Vincennes.

Fabrique de machines Krauss à Linz. — La locomotive provenant de cette fabrique appartient à la série U des chemins de fer de l'État autrichien ; elle porte le nom *Zillerthal* et le numéro de construction 4 402 (1) et est à la voie de 0,76 *m*.

C'est une machine-tender à quatre essieux dont trois accouplés et un porteur à l'arrière du foyer PMCC. Le châssis est intérieur et les cylindres et le mécanisme extérieurs. La distribution est du type Walschaerts et la tige du tiroir, au lieu d'être guidée par une pièce fixe, est suspendue à une tringle oscillante.

Les cylindres ont 290 de diamètre et 400 *mm* de course ; les roues accouplées ont 820 et les roues de support, dont l'essieu a un déplacement radial, 570 *mm* de diamètre ; les essieux accouplés sont distants de 1,200 et les essieux extrêmes de 4,400 *m*.

La chaudière timbrée à 12 *atm* a 1 m^2 de grille, 4,40 m^2 de surface de chauffe de foyer et 50,7 *m* de surface totale. Le corps cylindrique a 0,98 *m* de diamètre et contient 103 tubes de 44 *mm* de diamètre extérieur et 3,25 *m* de longueur. Son axe est à 1,60 *m* au-dessus du rail.

La machine vide pèse 18 300 *kg* ; avec 3 200 *l* d'eau et 1 700 *kg* de combustible, son poids atteint 24 500 *kg* dont 20 200 *kg* de poids adhérent.

Les machines autrichiennes sont toutes peintes en noir avec des filets rouges pour le chemin de fer du Nord et des filets blancs et jaunes pour les chemins de fer de l'État. Leur exécution est excellente, mais le dessin n'est pas toujours très satisfaisant. En général l'aspect est un peu lourd, le dessus des chaudières est encombré de dômes et de réservoirs, il y a une foule d'accessoires extérieurs qui donnent une apparence de complication ; enfin, certaines pièces paraissent avoir des dimensions excessives ; on peut également critiquer quelques dispositions de détail telles que la distribution de la machine série 9 des chemins de fer de l'État. Tout cela n'ôte évidemment rien au mérite des machines, mais il semblerait, au moins à en juger par certaines des locomotives exposées, que les ingénieurs autrichiens partagent quelquefois, au point de vue des formes, les idées d'indifférence de leurs confrères américains.

Locomotives hongroises. — Il y a, dans la section hongroise, trois locomotives construites toutes par la fabrique de machines des chemins de fer de l'Etat hongrois, à Budapest.

(1) Ce chiffre appartient évidemment au numérotage général de la maison Krauss.

La première est une locomotive pour trains rapides des chemins de fer de l'État Hongrois, type I n° 701, portant le numéro de fabrication 1500. C'est une machine compound à deux cylindres portée sur cinq essieux dont un porteur à l'arrière, deux accouplés et deux porteurs formant bogie à l'avant PCMPP. Le châssis est intérieur, les cylindres et les mécanismes de distribution du type Walschaerts extérieurs. Il y a pour la distribution deux relevages indépendants avec commande par deux vis concentriques. Les tiroirs sont placés obliquement sur les cylindres avec une inclinaison très forte du côté de la verticale. Un fort tirant en fer rond, placé à l'extérieur, relie la plaque formant support de glissières aux cylindres.

Les cylindres ont 500 et 750 de diamètre avec 680 *mm* de course ; les roues accouplées ont 2,10 et les roues de support 1,04 *m* de diamètre. L'écartement des essieux extrêmes est de 8,66 *m*.

La chaudière, surmontée de deux dômes avec tuyau de communication, régulateur intérieur et tringle de manœuvre extérieure, est timbrée à 13 *atm*. Elle a 2,82 m^2 de surface de grille, 13,3 m^2 de surface de chauffe du foyer et 189 m^2 de surface de chauffe totale. Le corps cylindrique dont l'axe est très élevé au-dessus du rail, contient 239 tubes de 52 *mm* de diamètre et 4,50 *m* de longueur.

La machine pèse à vide 56 800 *kg* et, en service, 64 000 dont 31 000 sur les deux essieux accouplés. Elle est accompagnée d'un tender à trois essieux pesant 15 500 *kg* à vide et 40 500 avec 17 m^3 d'eau et 8 *t* de combustible.

La seconde machine, appartenant également aux chemins de fer de l'État hongrois, est une locomotive compound articulée système Mallet pour service de marchandises, série IV d., n° 4 405, MCMC. Elle porte le numéro de construction 1494.

Il y a deux trains à quatre roues chacun dont celui de l'avant articulé et 4 cylindres. La distribution est du système Golsdorf (1), c'est une combinaison du type Walschaerts et du système radial dans lequel un mécanisme de ce dernier type remplace la coulisse du Walschaerts, le levier d'avance de celui-ci étant conservé.

Ce système de distribution a reçu quelques applications en Autriche, mais nous croyons savoir qu'il n'existe dans les machines de notre système de l'État Hongrois que sur l'exemplaire qui est à Vincennes. Il y a dans ce dispositif un nombre considérable d'articulations.

Les cylindres ont 355 et 580 *mm* de diamètre et 630 de course. Les roues ont 1,22 *m* de diamètre, les écartements partiels des essieux sont de 1,75 *m* et l'écartement total de 5,80 *m*.

La chaudière, timbrée à 13 *atm*, a 2,60 m^2 de surface de grille, 12,30 m^2 de surface de chauffe de foyer et 166,90 *m* de surface de chauffe totale. Le corps cylindrique, de 1,50 *m* de diamètre, contient 228 tubes de 52 *mm* de diamètre et 4,150 *m* de longueur.

La machine pèse 50 800 *kg* à vide et 56 900 *kg* en service. Elle est accompagnée d'un tender à trois essieux pesant 13 700 *kg* à vide et 34 200 avec 12 500 *l* d'eau et 8 000 *kg* de combustible.

(1) Ce système est décrit dans l'*Organ* de 1897, planches XXVII et XXVIII.

Ces locomotives brûlent des lignites ne donnant que 5 à 5,5 *kg* de vapeur par kilogramme de combustible. Elles peuvent remorquer des trains d'environ 400 *t* sur rampe de 160/00 à la vitesse de 18 *km* à l'heure et de 240 sur 25 à la même vitesse.

La troisième machine est une petite locomotive à quatre essieux accouplés pour voie de 0,76 *m*, CCMC. Elle porte le nom de ***Vajda-Hunyad*** et est destinée au service de la ligne de Vajda-Hunyadi-Gyalar, appartenant aux chemins de fer de l'État Hongrois.

C'est une machine-tender avec les caisses à eau sur les côtés de la chaudière. Le châssis est extérieur aux roues, les cylindres et la distribution extérieurs. L'essieu moteur est le second à partir de l'avant; pour avoir une bielle motrice assez longue, on a dû porter les cylindres très en avant du premier essieu, ce qui donne un porte-à-faux considérable à ces organes. Les guides de tête de tige de piston sont très longs et les barres d'excentriques de la distribution à coulisse Stephenson sont très courtes.

Les cylindres ont 340 de diamètre et 350 de course ; les roues 790 de diamètre ; l'écartement des essieux extrêmes est de 4 *m*.

La chaudière, timbrée à 12 *atm*, a 0,9 m^2 de surface de grille, 4,38 de surface de chauffe de foyer et 48,60 de surface de chauffe totale.

Le corps cylindrique contient 101 tubes de 44 *mm* de diamètre extérieur et 3,20 *m* de longueur.

Le poids est de 18300 *kg* à vide et de 24000 en service.

Ces trois locomotives sont peintes en noir avec de légers filets rouges.

L'exécution des machines hongroises est de tout point excellente; on pourrait peut-être toutefois formuler à leur égard des observations analogues à celles que nous avons faites pour les machines autrichiennes.

Locomotives belges. — Il n'y a à Vincennes que quatre locomotives (1) provenant de constructeurs belges au nombre de trois : la Société anonyme des Ateliers de Construction de la Meuse, à Liège ; MM. Zimmermann, Hanrez et Cie, à Monceau-sur-Sambre, et la Société anonyme Franco-Belge.

Ateliers de la Meuse. — Cette Société a fourni deux locomotives. La première est une machine-tender à cinq essieux dont deux accouplés au milieu, un porteur à l'arrière et deux porteurs formant bogie à l'avant PCMPP. Cette machine qui porte le numéro de construction 1539 a été étudiée par le constructeur suivant un programme tracé par l'administration des chemins de fer de l'État belge dans un double but : celui de remorquer les trains de voyageurs sur les lignes secondaires ne permettant pas des charges d'essieu supérieures à 14 *t*, et celui de faire le service des express sur les grandes lignes à profil facile. On peut varier l'approvisionnement d'eau de manière à faire porter aux

(1) D'après le catalogue officiel il devrait y avoir encore deux autres locomotives belges, l'une exposée par la Société des Ateliers de Saint-Léonard, à Liège ; l'autre, par la Société des Forges, Fonderies et Ateliers du Midi de Charleroi, à La Croyère, mais ni l'une ni l'autre de ces machines n'avaient encore paru, à Vincennes, le 17 juillet.

essieux accouplés, suivant les cas, une charge maxima de 32 500 *kg* (16 250 par essieu), ou de 28 000 *kg* (14 000 par essieu).

Le châssis est extérieur aux roues ; les cylindres sont intérieurs et horizontaux ; les tiroirs sont entre les cylindres et commandés par des coulisses Stephenson avec relevage à bras et à vapeur. Le régulateur est dans un dôme placé sur le milieu du corps cylindrique, sa tringle de commande est à l'intérieur. Le foyer est entre les essieux accouplés. Les caisses à eau sont sur les côtés de la chaudière et ne dépassent pas le milieu de la longueur de celle-ci. Le combustible est à l'arrière de la plate-forme.

Les cylindres ont 430 *mm* de diamètre et 610 *mm* de course ; les roues coupléees 1,800 *m* et les roues de support 1,067 *m*. L'écartement des essieux accouplés est de 2,65 *m* et l'écartement total de 8,434 *m*.

La chaudière, timbrée à 11 *atm*, contient 218 tubes de 45 *mm* de diamètre extérieur et 3,122 *m* de longueur. Sa surface de grille est de 1,80 m^2 et la surface de chauffe totale de 95,78 m^2 dont 10,26 de surface de foyer.

La machine pèse vide 52 000 *kg* et en service, avec 5 000 *l* d'eau, 60 300 *kg*, dont 28 000 de poids adhérent. Si on porte l'approvisionnement d'eau à 6 500 *l*, le poids monte à 61 800 *kg*, dont 32 500 portant sur les roues motrices et accouplées.

Cette machine, d'une exécution et d'un aspect très satisfaisants, est peinte en brun foncé avec des bandes noires bordées de petits filets blancs et rouges.

La seconde machine est une petite locomotive industrielle à voie normale à deux essieux accouplés MC. La machine porte son eau dans des caisses latérales à la chaudière ; le châssis est intérieur ; les cylindres sont extérieurs ainsi que la distribution qui est du type Walschaerts.

Les cylindres ont 320 × 460 *mm*, les roues 0,900 *m* avec un écartement d'essieux de 2,30 *m*.

La chaudière est au timbre de 12 *atm*. Elle a 4,70 *m* de surface de grille et 50 m^2 de surface de chauffe dont 4,70 *m* de surface directe. La machine pèse, avec 3 000 *l* d'eau et 500 *kg* de combustible, 24 000 *kg* ; le poids à vide est de 18 500 *kg*.

*Zimmermann, Hanrez et Cie*. — Cette maison expose une locomotive-tender destinée au service des trains légers sur les chemins de fer de l'État belge. Elle porte le numéro de construction 176. Elle a deux essieux accouplés et un bogie à deux essieux à l'avant, CMPP.

Le châssis est extérieur aux roues ; les cylindres sont intérieurs et légèrement inclinés. Les tiroirs sont placés obliquement sur les cylindres du côté extérieur et sont actionnés par des distributions Walschaerts disposées à l'intérieur des roues. La commande du relevage est à levier. Les caisses à eau sont sur les côtés de la chaudière et ne dépassent pas le milieu de celle-ci vers l'avant. L'essieu coudé a trois supports dont celui du milieu pris dans un longeron central.

Les cylindres ont 350 × 460 *mm* ; les roues accouplées 1,45 *m* et les roues de support 1,06 *m* de diamètre, les essieux accouplés ont un écartement de 2,32 *m* et les essieux extrêmes de 4,27 *m*.

La chaudière est timbrée à 8 *atm* seulement, la surface de grille est de 1,50 m^2, la surface de chauffe du foyer de 6,58 m^2 et la surface de chauffe totale de 58,7 m^2. Le corps cylindrique renferme 136 tubes de 45 *mm* de diamètre extérieur et 2,707 *m* de longueur.

La machine vide pèse 26 000 *kg* et le poids, avec 3 600 *l* d'eau et 1 200 *kg* de charbon, est de 32 000 *kg*, dont 22 300 *kg* servant pour l'adhérence.

Cette machine d'un très bon aspect est peinte en vert avec filets jaunes, la cornière du tablier qui règne d'une extrémité à l'autre est peinte en rouge, de manière à tracer une ligne très apparente de démarcation entre le haut et le bas de la machine. Il est à remarquer que l'absence de ce genre de lignes donne un aspect lourd aux machines, c'est ce qu'on constate dans la section autrichienne surtout.

Société Anonyme Franco-Belge. — La Société Franco-Belge expose une locomotive construite dans ses ateliers de La Croyère, en Belgique, pour la Barry Railway Company et qui porte le numéro de construction 1276.

C'est une machine tender à quatre essieux dont trois accouplés et un porteur avec déplacement radial à l'arrière, $\overline{P}$CMC. Le châssis est intérieur aux roues, les cylindres sont intérieurs et légèrement inclinés ; la distribution, placée à l'intérieur, est à coulisse droite, système Allan. Le foyer est entre l'essieu moteur et l'essieu accouplé d'arrière. Les caisses à eau sont sur les côtés de la chaudière et les soutes à combustible à l'arrière de l'abri. La machine porte des injecteurs actionnés par la vapeur d'échappement *(exhaust injectors)*.

Les cylindres ont 457 $\times$ 660 *mm*, les roues accouplées 1,295 *m* et les roues de support 1,067 *m* de diamètre ; les essieux accouplés sont distants de 4,394 *m* et les essieux extrêmes de 6.299 *m*.

La chaudière, timbrée à 10,5 *kg*, a une grille de 1,90 m^2 de surface et un foyer de 10,13 ; la surface totale est de 104,20 m^2. Le corps cylindrique contient 182 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 3,29 *m* de longueur.

La machine pèse environ 45 000 *kg* à vide et, avec 5 800 *l* d'eau et 2 000 *kg* de charbon, 56 600 *kg* dont probablement environ 48 000 sur les essieux accouplés. La peinture est brun rouge rehaussée de bandes noires avec filets jaunes et rouges.

Cette machine constitue un bon type de locomotive-tender établi d'après les traditions anglaises ; son exécution est très satisfaisante.

Ces quatre locomotives étaient les seules présentes dans la section belge au moment où nous avons rédigé cette note. Il est à remarquer que ce sont quatre machines-tender. Nous signalerons, comme particularité, la faiblesse relative du timbre qui descend à 8 *atm* pour ne jamais dépasser 11 *atm*, sauf dans la plus petite des machines. Ce sont, croyons-nous, les pressions les plus basses qu'on constate sur les locomotives de l'Exposition.

Le transport des grains par eau aux États-Unis. — Le commerce des grains aux États-Unis ou plutôt la partie de ce commerce

qui comprend le transport des lieux de récolte, dans le Nord-Ouest, au port maritime d'embarquement est actuellement dans une situation qu'on peut qualifier de transitoire. On commence à y introduire des méthodes perfectionnées dans le but d'économiser à la fois de l'argent et du temps. Nous trouvons dans le *Scientific American* une intéressante étude de M. Waldon-Faweett sur ce sujet.

Il s'est produit d'abord un développement brusque et considérable depuis peu dans deux nouveaux ports d'exportation. New-York avait jusqu'ici la part du lion dans l'embarquement des céréales à destination de l'Europe, mais, récemment, deux ports : Newport News, en Virginie, et Salveston, dans le Texas, sont entrés en lice comme des concurrents très sérieux, et l'ouverture du canal de drainage de Chicago ainsi que le projet d'ouverture de voies de communication par eau entre les Grands-Lacs et le Golfe du Mexique ont servi à faire revivre les anciens projets de service direct sans transbordement pour les grains par le Mississipi jusqu'à la mer.

Ensuite vient immédiatement comme importance le projet d'un syndicat Américain et Canadien, présidé par M. W. I. Conners, de Buffalo, pour la construction de grands élévateurs à Montréal, de manière à assurer l'exportation des céréales par la voie du Saint-Laurent. Ce plan a l'avantage de n'exiger qu'un transbordement parce que les navires chargés aux élévateurs des ports du Lac Supérieur peuvent aller jusqu'à Montréal.

Enfin, les chemins de fer semblent devoir se montrer des concurrents plus actifs que jamais pour le transport par eau des céréales depuis les Grands Lacs. Partie du fait que Duluth, Chicago et Buffalo, les trois plus grands centres d'élévateurs, sont situés sur les Grands Lacs, et partie des tarifs très bas, il est résulté que des deux tiers aux trois quarts des grains embarqués sur les côtes de l'Atlantique étaient, jusqu'à l'année dernière, amenés par eau du nord-ouest. Mais, depuis la fin de 1899, on voit que les chemins de fer se préparent à revendiquer une part plus importante de ce trafic. Les considérations suivantes permettront d'apprécier s'ils ont chance d'y arriver.

D'après des estimations basées sur les statistiques les plus récentes, on peut admettre que le trafic des céréales sur les Grands Lacs s'élève annuellement, en comptant la farine comme blé, à au moins 350 millions de bushels (1). On peut se faire une idée de l'énormité de ce chiffre en pensant que 50 000 wagons, soit 1 250 trains de grandeur ordinaire, seraient nécessaires pour transporter cette quantité. Sur ce total, 125 millions de bushels viennent des ports Américains et Canadiens du Lac Supérieur et 160 millions peuvent être considérés comme la part de Chicago. Le Milwaukee expédie annuellement par eau quelque chose comme 30 millions de bushels de grains et les autres ports de faibles quantités.

Les céréales, dans leur voyage à l'est, suivent, pour la majeure partie, les grandes artères. Plus des trois quarts des farines et des grains qui descendent les lacs sont consignés pour Buffalo, où se trouvent

(1) Le bushel vaut 35,24 litres.

des élévateurs d'une capacité totale de 20 millions de bushels, et où l'on reçoit par jour, dans certains cas, jusqu'à 2 millions de bushels. A Buffalo, les grains sont transbordés sur des bateaux du Canal de l'Érié ou au chemin de fer pour être conduits aux ports de l'Atlantique. Beaucoup de ceux qui ne viennent pas à Buffalo prennent la voie du Canada par le canal de Welland et le Saint-Laurent. C'est ce trafic que le nouveau syndicat, dont il a été question ci-dessus, cherche à développer. Enfin, une faible portion de ce commerce va par les ports du Lac Érié qui ont des élévateurs et des installations de transbordement pour les chemins de fer.

Les tarifs de transports des grains ont beaucoup varié suivant les époques.

L'année qui a suivi la Guerre de Sécession, on payait en moyenne plus de 60 centimes par bushel pour le transport par eau de Chicago à Buffalo. Les prix diminuèrent depuis considérablement et, dans les six années antérieures à 1898, le tarif n'atteignit jamais 10 centimes par bushel. Il faut dire qu'à ce prix principal s'adjoignent des taxes supplémentaires pour arrimage, comptage, manutentions diverses, etc., dont l'ensemble peut s'élever à 20 francs par mille bushels. La proportion des diverses natures de grains peut s'estimer assez exactement par le trafic de Buffalo. Ainsi, sur un total de 275 millions de bushels, on a relevé 83 millions de froment, 67 de maïs, 45 d'avoine et 11 d'orge, le reste comprend, par portions à peu près égales, le seigle et la graine de lin.

On peut probablement se faire l'idée la plus exacte de l'importance du commerce des grains à l'intérieur des États-Unis par les rapports relatifs au Canal de Sault-Sainte-Marie, où il passe dans les huit mois que dure la navigation, de deux à trois fois le trafic du Canal de Suez pendant toute l'année. Comme le Canal de Sault se trouve sur la rivière qui reçoit les Lacs Supérieur et Huron, il ne donne passage qu'à une partie des grains, celle qui vient du premier de ces lacs et ne comprend que les grains venant de Chicago. Pendant l'année 1899, il a passé par ce canal plus de 90 millions de bushels de grains, d'une valeur de plus de 300 millions de francs. C'est la partie la plus importante du trafic ; après vient celui des minerais de fer qu'on peut estimer à 260 millions.

Si on compte les farines avec les grains, le chiffre relatif à ceux-ci s'élève à 425 millions de francs. La valeur totale des marchandises qui ont traversé le canal dans cette année ayant été de 1 400 millions, on voit que les grains entrent dans ce total pour 30 p. cent.

On emploie pour ce transport sur les Grands Lacs des navires en acier qui présentent des particularités très intéressantes. Beaucoup d'entre eux ont de 120 à 150 mètres de longueur et remorquent souvent un navire de dimensions analogues. Il n'est pas rare de leur voir, dans une saison de durée ordinaire, effectuer des parcours de plus de 40 000 milles.

Le *Malietoa*, appartenant à la Minnesota Steamship Cy, de Cleveland, a, paraît-il, transporté la plus forte cargaison de grains citée dans les annales du commerce des lacs. Il y a quelques mois, il a transporté de

Duluth à Buffalo 195 000 bushels de graine de lin et 70 000 de froment, ce qui représente en tout 7 700 tonnes de charge.

Le *Superior City* a porté 266 000 bushels de maïs, soit 7 460 tonnes, et le troisième rang appartient au *Andrew Canegie* qui a porté 332 000 bushels d'avoine pesant 5 300 tonnes.

S'il était nécessaire de fournir une preuve de la confiance que les sommités du commerce des grains ont dans l'avenir de ce commerce qui ne fait pour ainsi dire que débuter, suivant eux, on la trouverait dans les énormes capitaux placés dans la construction de nouveaux élévateurs, surtout à Chicago et dans les ports des lacs. La plupart de ces élévateurs constituent de superbes constructions entièrement en acier, avec manœuvre électrique, d'une capacité de un à deux et demi millions de bushels et pourvus de tous les appareils les plus récents et les plus perfectionnés pour la manipulation, le nettoyage et le séchage du grain et, de plus, mis à l'abri du feu par les procédés les plus sûrs. Les plus grands élévateurs actuellement en construction sont ceux de Chicago et du Lac Supérieur. La première ville a une capacité totale d'élévateurs de 65 millions de bushels et cette capacité va être augmentée par l'addition des élévateurs en construction dont l'un peut charger 405 wagons de grains par vingt-quatre heures.

Mais les appareils les plus intéressants dans cet ordre d'idées sont les nouveaux élévateurs en construction pour le syndicat Américain et Canadien à Montréal. La construction principale aura une capacité de un million de bushels et ses annexes pourront en recevoir au moins deux millions. L'acier, le béton et le bois sont les matériaux employés pour la construction qui sera à l'épreuve du feu dans la mesure du possible. L'ouvrage complet coûtera 3 1/2 millions de francs.

Les ports du Canada, comme Owen Sound et Fort William qui constituent le débouché obligatoire pour les immenses champs de céréales du nord ou du Canada, dont l'avenir est pour ainsi dire sans limite, ont éprouvé un développement extraordinaire depuis quelques années. A Owen Sound, on construit des élévateurs d'une capacité de un et deux millions de bushels. A Fort William, la Compagnie du Canadian Pacific R. R. a dépensé dix millions de francs dans la construction de quatre grands élévateurs d'une capacité collective de 5 millions de bushels et dont le plus grand peut embarquer à bord de navires 40 000 bushels à l'heure. Cet élévateur est unique. Il est établi avec 24 réservoirs cylindriques dont chacun a 18 *m* de hauteur et à peu près autant de diamètre, lesquels, s'ils ne sont pas absolument à l'abri du feu et de l'humidité, protègent du moins le grain d'une manière parfaite contre les attaques des rats et des insectes. Une particularité distinctive est que la machinerie pour le nettoyage, la séparation et le pesage des grains est dans un bâtiment tout à fait séparé.

Il est probable que la phase la plus intéressante du transport du grain par eau est le déchargement des bateaux par les élévateurs. Le grain est pris dans la cale du steamer des Lacs par une chaîne sans fin armée de godets travaillant dans une sorte de tube qu'on descend dans les panneaux du steamer. Les vapeurs des Lacs ont de 12 à 15 panneaux, aussi plusieurs appareils fonctionnent-ils simultané-

ment. Des équipes d'hommes, assistées par des appareils mécaniques, sont employées pour amener le grain à la base des tubes et ce sont les griefs de ces hommes relativement à l'entreprise du déchargement adjugée à une personne, laquelle prélève une certaine somme par 1 000 bushels, qui ont amené de sérieux désordres à Buffalo, il y a un an ou deux. Si on considère que les plus grands navires engagés pour le transport des grains sur les Lacs sont chargés ou déchargés en quelques heures, et que le prix de transport sur les Grands Lacs n'est qu'une fraction de centime par tonne et par mille, alors que le tarif de 0,02 *f* par tonne-mille est le plus bas qui ait été réalisé sur les chemins de fer, on jugera si la manière dont le transport par eau des céréales est opéré aux Etats-Unis n'est pas une des merveilles du monde commercial. Les perfectionnements apportés aux navires, aux élévateurs et aux appareils de chargement et de déchargement sont incessants, et il est difficile, dans ces conditions, de prévoir l'extension que ce commerce peut encore recevoir.

Rails continus pour chemins de fer. — Dans un article sur les joints des rails, paru dans le *Bulletin technique de la Suisse Romande*, M. J. Orpiszewski, ingénieur au Jura-Simplon, rappelant qu'on a proposé, sans avoir encore osé le faire sur les chemins de fer, une disposition appliquée seulement jusqu'à présent, sur une assez large échelle, il est vrai, aux voies de tramways, savoir le soudage des rails à l'électricité, examine les conséquences que pourrait avoir la suppression totale des intervalles entre les bouts des rails.

Les règlements de toutes les Compagnies de chemins de fer prescrivent les dimensions des intervalles à laisser entre les rails en se basant sur leur libre dilatation aux températures du pays. En Suisse, on va généralement de — 20° à + 55° C, car le métal est susceptible de prendre une température supérieure à celle de l'air ambiant. Mais il n'y aurait aucun inconvénient à lui faire subir un certain effort du chef de la dilatation et à abaisser quelque peu la limite supérieure de la température à laquelle on admet un intervalle nul pour la pose. Pour fixer les idées prenons par exemple le rail type II, proposé par l'Association des chemins de fer suisses ; le rail a 12 *m* de longueur, pèse 36 *kg* par mètre courant et a une section de 4 580 mm^2. Supposons que nous en posions une longueur sans joints de dilatation à + 20° et voyons ce qu'il en adviendrait s'il atteignait une température de + 55°.

L'acier se dilate de 1/80 000 par unité de longueur et degré de température ; il prendrait donc pour une différence de température de 55° — 20° = 35° un allongement de

$$\frac{12 \times 35}{80\,000} = 5{,}25 \; mm.$$

L'allongement par unité de longueur dû à un effort s'exprime

$$\lambda = \frac{P\,L}{\omega\,E} \text{ d'où nous tirons :}$$

$$P = \frac{\lambda\omega\,E}{L}.$$

Nous avons dans le cas particulier :

λ allongement du rail	5,25 *mm*.
ω section du rail	4 580 mm^2,
E coefficient d'élasticité	20 000 par *mm*,
L longueur du rail	12 000 *mm*,
P effort donnant l'allongement λ	

Effectuant le calcul, on trouve pour un rail

$$P = 40\ 075\ kg$$

soit une compression de 8,7 *kg* par millimètre carré à l'extrémité, effort qui s'ajoute dans le champignon à la compression due à la flexion et qui vient diminuer d'autant la tension du patin. Or, l'acier des rails ayant une résistance à la compression de 60 à 80 *kg* par millimètre carré, cette augmentation de 8,7 *kg* n'aurait rien que de très admissible. Mais en réalité cet effort est bien moindre ; on l'a calculé comme si le rail pouvait se dilater librement tandis qu'il est tenu par ses attaches aux traverses et celles-ci retenues par le ballast.

On peut admettre, avec la pose sur traverses métalliques en forme d'auge renversée, que, pour se mouvoir, le rail doit entraîner avec lui, avec les traverses, toute une couche de ballast de 12 *m* de longueur et 2,30 *m* de largeur, soit 27,60 m^2. On voit que, si l'adhérence de deux couches de ballast ou pierres cassées de 27,60 m^2 qu'on devrait faire glisser l'une sur l'autre, représente une valeur de 300 grammes seulement par centimètre carré, elle suffirait à absorber à elle seule tout l'effort de la dilatation.

L'auteur fait observer que l'hypothèse de la compression du rail dans le sens de l'axe sans aucune torsion n'est guère admissible : ce rail tendra à prendre une flèche soit dans le sens vertical soit dans le sens horizontal. Un examen, dans le détail duquel nous ne le suivrons pas, lui fait reconnaître que la résistance du ballast s'oppose encore mieux dans ces deux cas au déplacement du rail.

On en conclut que la plus ou moins complète suppression des intervalles laissés entre les rails pour leur dilatation serait théoriquement sans grands inconvénients et elle présenterait de réels avantages.

La question n'est cependant pas assez mûre encore et les essais pas assez nombreux, sauf en Amérique, paraît-il, et pas assez concluants pour qu'on puisse préconiser formellement la suppression totale des intervalles de dilatation d'une manière générale. Mais on peut néanmoins fort bien admettre une certaine compression modérée dans les rails et surtout supprimer totalement les joints de dilatation là où les rails ne sont pas exposés aux rayons du soleil par exemple dans les tunnels et les tranchées toujours à l'ombre. Sur les ponts métalliques qui se dilatent déjà eux-mêmes, quoique moins que les rails, il est vrai, et pour lesquels le martellement des joints constitue une vibration assurément très nuisible à leur conservation, pourquoi ne pas profiter aussi de leur mouvement propre ? S'ils sont un peu longs mieux vaut placer à leurs extrémités des appareils de dilatation spéciaux et serrer les joints sur le tablier.

En adoptant une diminution des joints de dilatation, il faudra aussi

prendre quelques précautions dans les travaux de voie pendant les grandes chaleurs : enlever, par exemple, quelques éclisses et faire croiser les extrémités des rails avant de les débourrer, pour éviter qu'en se détendant brusquement, les rails ne blessent les hommes appelés à travailler à la voie.

Dix ans de science. — C'est le titre d'une remarquable conférence qu'a donnée dans la grande salle de notre hôtel, le 5 juin 1900, à l'assemblée générale des anciens élèves de l'École Polytechnique fédérale de Zurich, M. Ch.-Ed. Guillaume, physicien au Bureau international des Poids et Mesures, conférence à laquelle trop peu de nos collègues ont pu assister (1). Nous croyons intéressant de la reproduire.

Ce qui frappe tout d'abord, lorsqu'on suit le progrès scientifique dans le siècle qui va finir, c'est l'importance grandissante de l'étude du spectre lumineux ou, plus généralement, du mouvement oscillatoire de l'éther.

Pendant fort longtemps, la connaissance du spectre s'éloigne peu du point où l'avait laissé Newton, qui le premier enseigna que la lumière blanche renferme une série de couleurs élémentaires. Il faut atteindre notre siècle pour trouver cette observation capitale, qu'un papier noirci et trempé dans l'alcool, puis exposé au spectre solaire de façon à le déborder, se séchait au delà du spectre visible, du côté du rouge, témoignant ainsi de l'existence de ce qu'on appela longtemps de la chaleur dans une région où notre œil ne voyait absolument rien. Plus tard encore, la photographie révéla une action chimique de l'autre côté du spectre en dehors des dernières traces du violet.

On en conclut immédiatement que la radiation du soleil contenait des rayons de natures essentiellement différentes, les uns lumineux, d'autres calorifiques, d'autres chimiques. Le raisonnement était enfantin et fondé uniquement sur les apparences. Il ressemblait à celui d'une personne qui, voyant un marteau écraser une balle de plomb, faire voler en éclats une bille de verre ou faire détoner une amorce, en conclurait que le marteau a donné successivement un coup écrasant, un coup brisant et un coup détonant.

Et cependant, l'esprit humain est si profondément obtus, si intimement lié à l'observation immédiate, les yeux du corps sont tellement prépondérants par rapport aux yeux de l'esprit qu'il fallut d'innombrables vérifications, la constatation répétée de la coexistence parfaite des raies de Fraunhofer dans les portions superposées des spectres, pour qu'on comprît que le réactif seul différait, mais que le spectre lui-même était unique.

Si insignifiant que semble ce progrès, il fut cependant décisif pour l'étude du spectre qui, dès lors, se simplifiait singulièrement. Fresnel avait démontré d'une manière définitive que la lumière est due à une

(1) La *Schweizerische Bauzeitung*, qui publie le texte que nous donnons ici, rappelle, dans son compte rendu de la réunion à Paris des anciens Polytechniciens, que M. Guillaume jouit d'une réputation méritée comme physicien ; il a été nommé secrétaire général du Congrès international de physique qui se tiendra à Paris pendant l'Exposition. L'École Polytechnique fédérale a tout lieu d'être fière de le compter, comme l'illustre Rœntgen, au nombre de ses anciens élèves.

oscillation transversale de l'éther. La théorie devenait immédiatement très générale, elle comprenait toutes les oscillations de l'éther susceptibles d'exercer des actions photographiques, lumineuses, calorifiques, directement ou indirectement physiologiques.

A mesure du perfectionnement des appareils, on étendit le spectre vers l'ultra-violet et l'intra-rouge. Dans les portions déjà explorées, on connut des détails nouveaux, mais plusieurs décades s'écoulèrent encore sans que l'expérience apportât autre chose que des *progrès*.

Cependant une *révolution* s'annonçait. Faraday, en découvrant l'induction, plus encore en cherchant à l'expliquer, avait été conduit à penser que cette action est transmise par l'intermédiaire d'un milieu enveloppant tous les corps. Maxwell, le premier, montra que la vitesse de propagation de cette action est égale à un coefficient caractéristique du rapport des unités électrostatiques et électrodynamiques et les expériences faites entre 1860 et 1870 montrèrent que cette vitesse est celle de la lumière.

Ce n'était encore qu'une lueur, un vague espoir d'une grandiose synthèse et c'est avec cet espoir que nous atteignons le seuil de la décade dont nous allons nous occuper.

Que pouvait-on espérer de plus que ce qu'avait vu Maxwell, mais cette fois avec les yeux de l'esprit? Il était devenu évident pour lui que les actions électrodynamiques, dont le courant d'induction n'est qu'un effet particulier, se propagent avec la vitesse de la lumière, c'est-à-dire par le milieu même transmettant le mouvement lumineux. Mais il n'était pas aisé de confirmer, par une voie plus directe, cette conséquence admirable des idées de Maxwell. Un physicien de génie le tenta. Dans les mains de Hertz, elle devint une réalité palpable.

Un de nos illustres maitres, lord Kelvin, avait démontré déjà que, dans des conditions déterminées, une décharge électrique peut être oscillatoire. L'induction qui en résulte doit l'être aussi. Mais, si l'induction se déplace avec une vitesse de 300 000 *km* par seconde, un mouvement de 300 000 périodes dans une seconde engendre des ondes d'un kilomètre de longueur. Or, comme avec les instruments que l'on possédait il y a dix ans, l'action inductrice était déjà insensible à 20 ou 30 *m*, on ne pouvait songer à embrasser une onde entière dans l'espace où l'induction est perceptible qu'en rendant l'oscillation incomparablement plus rapide. Hertz y parvint, et, dès le premier mémoire qu'il publia sur l'oscillation électrique, il parle d'ondes de 1 *m* de longueur se succédant à un intervalle de 1/300 000 000 de seconde. Il démontra la réflexion et la réfraction de ces ondes, produisit, en avant d'un miroir, des ondes stationnaires dont il devint facile de mesurer la vitesse de propagation.

Le charme était rompu, le grand pas était franchi.

Ces expériences de Hertz eurent un immense retentissement. En tous pays, on les imita, on les perfectionna, on augmenta la puissance de l'induction et on imagina des appareils plus sensibles pour en constater les effets; on augmenta la fréquence de l'oscillation et on réduisit proportionnellement la longueur d'onde. On put enfin, avec des appareils de dimensions modestes imiter sans exception toutes les expériences de l'optique.

Le doute n'était plus permis, les ondes hertziennes étaient dбs ondes lumineuses, de moindre fréquence, mais d'une nature identique. C'étaient les sons graves de la gamme optique dont les ondes visibles sont les sons élevés et les rayons ultra-violets les sons suraigus.

Dans l'étude de la lumière, Maxwell et Hertz avaient découvert un continent nouveau, connu d'abord au point où il fut abordé, mais que l'on explora bientôt dans tous les sens. Peu à peu, on se rapprocha des terres déjà connues; aujourd'hui, les ondes réalisées atteignent 3 *mm*, tandis que, dans le spectre produit par l'incandescence, on s'est avancé jusqu'à 0,07 *mm*.

Formons des octaves de longueurs d'ondes partant de 0,1μ; entre 0,4μ et 0,8μ se trouve le spectre visible, seul connu comme dû à des oscillations transversales de l'éther il y a à peine un demi-siècle, après des millénaires de science. Aujourd'hui, nous possédons deux octaves supérieures et 6 1/2 octaves inférieures. Puis à 5 1/2 octaves, viennent les ondes connues qui s'étendent jusqu'à l'infini.

Comparons notre connaissance actuelle du spectre à ce qu'elle était il y a dix ans. Du côté du spectre visible, on a franchi 2 à 3 octaves, du côté électrique, 6 ou 7, soit 9 ou 10 au total, deux fois plus que l'intervalle encore inconnu. Est-ce à dire que, dans une décade, le vide aura été comblé? Il serait fort imprudent de l'affirmer, car les difficultés vont en croissant aux deux limites de cet espace. Faisons des vœux pour que les deux arches du pont, jetées des deux côtés, se rejoignent bientôt. Il y faudra beaucoup de patience, d'intelligence, peut-être du génie, mais le résultat final n'est pas douteux; le temps nous le donnera.

Partant des phénomènes très anciennement connus de l'optique, nous sommes entrés de plain-pied dans le domaine des oscillations électriques. Parcourons maintenant le chemin inverse; partons des oscillations électriques dont l'origine est le mouvement de l'électricité dans un conducteur pour essayer de comprendre la naissance des ondes optiques.

S'il peut paraitre imprudent d'affirmer l'identité de leur genèse, au moins peut-on mettre cette hypothèse à l'épreuve. Nous pensons, depuis longtemps, que l'émission lumineuse est le résultat d'une réaction directe du mouvement des molécules sur l'éther ambiant. D'autre part, l'électrolyse nous enseigne que les atomes portent des charges électriques. La vibration des atomes dans la molécule met donc en mouvement des charges et ce peut être leur induction qui produit le mouvement lumineux. Si notre raisonnement est exact, cette émission doit être modifiée par la présence d'un champ magnétique agissant sur les circuits moléculaires. L'expérience enseigne qu'il en est ainsi et ce résultat, cherché par plusieurs physiciens mais constaté pour la première fois par Zeeman, est un des plus beaux triomphes de la logique imaginative qui a pris une place prépondérante dans la physique moderne.

Résumons en deux mots les faits acquis. L'induction électrique est une des manifestations d'un mouvement de l'éther identique au mouvement lumineux, et, réciproquement, ce mouvement est dû à l'onde d'induction provoquée par l'oscillation des charges électriques des molécules. Cette conclusion, dont les conséquences sont si lointaines, n'est pas sans nous donner un peu d'inquiétude.

S'il y a une si grande intimité entre l'optique, l'électricité et les mouvements de la matière, que deviennent les divisions de l'ancienne physique? Peut-on encore parler d'optique, d'électricité, de physique de la matière ? Les spectres seront-ils traités à part ou comme conséquence des oscillations électriques et de l'induction.

Ne vaudra-t-il pas mieux en parler à propos de la constitution de la matière dont ils donneront une fidèle image ? Dans une ou deux décades, nous le saurons mieux qu'aujourd'hui, mais nous pouvons dire dès maintenant que la physique a brisé les vieux moules, que tout semble se mélanger et s'engager dans une nouvelle forme, plus limpide, où le groupement se fera suivant les affinités naturelles, et non plus suivant les formes artificielles auquelles nous restons encore attachés par une vieille habitude. Les bons esprits font crédit à la science ; en face d'une admirable découverte, ils ne demandent pas quel profit immédiat on peut en tirer. Le pas franchi en physique par la réalisation des ondes électriques est si grand que même si elles restaient longtemps sans aucune utilisation dans la voie pratique, notre admiration n'en devrait pas être diminuée.

Mais ces découvertes ont déjà conduit à des applications qui satisferont les plus exigeants, ceux qui n'estiment l'effort qu'en raison du succès évident. L'onde d'induction peut être captée à distance dans les circuits conducteurs ; elle se propage jusqu'à l'infini et en tout point de l'espace où l'on peut disposer un appareil suffisamment sensible, on peut percevoir le flux inducteur échappé du transmetteur. Les émules de Hertz le comprirent et, peu après ses premières publications, on parla couramment de la perception de l'onde électrique à des distances de quelques centaines de mètres. En Angleterre, où les applications de la science sont fort estimées, on réalisa dans cette voie des progrès marqués. Mais le physicien auquel cette application doit les progrès les plus indiscutables est sans doute le professeur Reghi, de Bologne, qui perfectionna considérablement tout le matériel de Hertz. Un de ses jeunes élèves, M. Marconi, transporta sur le terrain des appareils non encore sortis du laboratoire et fit connaître au public une innovation qui semble merveilleuse et qui l'était en effet; si elle ne surprit pas les physiciens autant que le public aurait pu le croire, c'est que, depuis dix ans, ils avaient suivi pas à pas le progrès et en connaissaient le détail.

Rendons à chacun ce qui lui est dû ; c'est au récepteur extrêmement sensible découvert par M. Branly que l'on doit le succès de la télégraphie sans fils. Ce récepteur consiste en un tube rempli de limaille métallique et dont la résistance électrique est abaissée dans une proportion énorme par l'absorption de l'onde électrique. Un petit choc rétablit le tube dans son état primitif et, pour percevoir une série de signaux, il suffit de suivre, par un procédé élémentaire, les variations de résistance électrique du tube.

(à suivre).

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1900.

Rapport de M. Ed. SAUVAGE sur les travaux de M. Albert COLLET relatifs à **la consolidation des attaches des rails**.

Le principe de ce système consiste dans l'emploi de douilles en bois, dites *trenails*, faites avec du charme qu'on enfonce dans les traverses et dans lesquelles on place le tire-fond. L'auteur a étudié tout un outillage pour l'application de ces trenails qui donnent de très bons résultats puisque la Compagnie P.-L.-M. en a déjà commandé plus de trois millions.

Rapport de M. L. MASSON sur **les pompes centrifuges** de M. SCHABAVER.

Ces pompes sont appliquées à l'élévation de l'eau à de grandes hauteurs. On a trouvé des rendements de 60,4 0/0 avec 50 *m* d'élévation, y compris la hauteur d'aspiration et 34,2 0/0 avec 103 *m* d'élévation. Le fait de l'emploi avantageux de pompes centrifuges pour de grandes hauteurs est assurément très intéressant.

Sur **la structure cristalline des métaux**, par J. A. EWING et W. ROSENHAIN.

La plaine de Caen, par M. GUÉNAUX *(suite)*.

Sur **les transformations allotropiques des alliages de fer et de nickel**. Note de M. L. DUMAS *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Dilatation de la silice fondue. Note de M. H. LE CHATELIER *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Notes de mécanique. — Nous signalerons parmi ces notes : la locomotion sur routes d'après une communication de M. Hebe Shaw à l'*Institution of Mechanical Engineers*, la description de la drague Higgins, de la grue automobile à air comprimé, de la Pneumatic Crane Company, de Pittsburg, et une note sur les lois des chaleurs spécifiques des fluides de M. E.-H. Amagat.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er trimestre de 1900.

Les grands collecteurs de la ville de Dijon, par M. Ch. Mocquery, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note est relative à l'établissement de grands collecteurs destinés à supprimer le déversement des égouts partiels de la ville dans les rivières l'Ouche et le Suzon ; le problème se posait ainsi : Établir un système de collecteurs généraux recevant les eaux vannes et les eaux des pluies et assurant en outre l'écoulement des crues du Suzon, en utilisant le mieux possible les canaux existants.

On a établi trois collecteurs et on a fait des travaux à des canaux existants ; la dépense totale s'est élevée à 1 250 000 *f* en nombre rond.

Étude sur **la corrélation entre la configuration du lit et la profondeur du chenal dans l'Escaut maritime,** par M. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

L'auteur est amené, par une étude approfondie, à conclure que, sur l'Escaut maritime comme sur la Garonne, le chenal est d'autant plus profond que la courbure est plus prononcée. Au maximum et au minimum de la courbure correspondent respectivement le maximum et le minimum de la profondeur. Cette correspondance n'a pas lieu dans le même profil transversal, la mouille est en aval du sommet concave et le maigre est en aval de l'inflexion ou de la surflexion. L'écart de la mouille varie entre le quart et le cinquième de la longueur de la courbe; l'écart du maigre varie dans des limites plus étendues, sans doute à cause des variations que présente la largeur.

Les hauts-fonds les plus saillants correspondent aux parties du lit où se trouvent les plus longs alignements droits formant inflexion ou surflexion.

Le chenal est stable et profond partout où la courbure de la rive concave varie d'une manière continue.

Enfin, en ce qui concerne la loi du développement, les faits observés sur l'Escaut maritime ne sont pas assez nombreux pour qu'on puisse, pour le moment du moins, les rapprocher utilement de ceux observés sur d'autres rivières.

De la mer Baltique à la mer Caspienne. — Une voie de navigation de 4 000 *km*. Note de MM. Suquet, ingénieur ordinaire et Fontaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Saint-Pétersbourg est mis en communication avec les régions de l'Est et du Sud par une grande voie navigable de 4 030 *km* de longueur formée de deux parties bien distinctes : la première, de 1 150 *km*, comprend les fleuves, rivières canalisées et canaux qui s'étendent entre Saint-Pé-

tersbourg et la Volga sous le nom général de « Système Marie », la seconde est la Volga elle-même, sur une longueur de 2 880 *km*.

La note décrit avec beaucoup de développement les particularités propres à chacune de ces parties, telles que : aperçu général du pays traversé, historique, travaux principaux, matériel de transport et trafic. Nous n'insisterons pas sur ces détails nous permettant de rappeler que nous avons eu plusieurs fois occasion ne parler dans ces chroniques de la navigation intérieure en Russie et particulièrement de la navigation de la Volga.

Notice sur l'**adduction des eaux de l'Yonne,** pour l'alimentation de Château-Chinon et l'éclairage électrique de la Ville, par MM. Pochet, Ingénieur en chef, et Assy, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées.

Château-Chinon est une ville de 3 000 habitants, située sur un des sommets du Morvan, à 550 *m* d'altitude. Elle manquait d'eau. Un projet fut étudié en 1895 dans le but d'envoyer l'eau de l'Yonne en l'élevant par une force motrice créée par un barrage. Ce projet a été exécuté. Il comporte un barrage de 8,90 *m* de largeur donnant une chute de 14 *m*, ce qui, avec un débit moyen de 500 *l* par seconde, donne une puissance brute de 93 *ch*, laquelle ne descend jamais au-dessous de 70.

Le moteur est une turbine qui actionne une pompe à trois plongeurs refoulant l'eau dans une conduite de 928 *m* de longueur, en tuyaux de 0,110 *m*, l'eau arrive dans un réservoir de 1 000 m^3 divisé en deux parties. Le volume de chaque partie correspond à une consommation moyenne par jour et par habitant de 186 *l*. Les conduites de distribution ont 3 500 *m* de développement et comportent 31 bornes-fontaines. La différence de niveau entre l'usine hydraulique et le réservoir est de 226 *m*.

La turbine actionne également des dynamos donnant un courant pour l'éclairage électrique de la ville. Cet éclairage a été prévu pour 86 lampes publiques et 230 lampes particulières, toutes à incandescence, représentant une consommation totale de 17 000 watts.

L'exécution du projet a coûté 169 000 *f*, dont 115 000 pour le barrage, les bâtiments, réservoir, conduites, fontainerie, etc., 45 000 pour les machines hydrauliques et électriques, les appareils d'éclairage, etc., et 9 000 *f* pour travaux en régie, indemnités de terrains, etc.

La dépense annuelle d'exploitation s'élève à 11 125 *f*, dont 8 315 *f* pour le service de l'emprunt contracté pour l'exécution des travaux.

La recette annuelle est actuellement de 7 660 *f* dont 640 *f* pour l'eau et le reste pour l'éclairage, mais elle atteindra bientôt 13 000 *f*. Il faut dire d'ailleurs que la substitution de l'éclairage électrique à l'éclairage public à l'huile fait réaliser à la ville une économie d'environ 2 000 *f*.

Les travaux, commencés en octobre 1896, ont été terminés en janvier 1898.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1900.

District du Centre.

Séance à Montluçon, le 29 avril 1900.

Communication de M. Lemière sur la transformation des végétaux en combustibles fossiles.

Communication de M. Lemière sur l'utilisation d'un siège d'extraction en fin d'industrie.

Communication de M. Matheron sur le fonçage et muraillement simultanés du puits n° 3 des mines de la Bouble.

Communication de M. Dumuis sur l'emploi des gaz de fours à coke pour l'éclairage, le chauffage et les moteurs à gaz. — Four Von Bauer.

Communication de M. Piron sur l'installation des arrêtiers doubles de sûreté pour plans inclinés.

Communication de M. Heliot sur la production, la consommation et les cours de sulfate d'ammoniaque.

Communication de M. Pirou sur la fabrication du coke par le système Otto.

Note sur une porte automatique d'aérage.

Note de M. Heliot sur l'utilisation mécanique des gaz des hauts fourneaux.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 5 mai 1900.

Compte rendu d'un ouvrage de M. Petit sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 26. — *30 juin 1900.*

Expériences sur une turbine à vapeur actionnant une dynamo à courant alternatif, par W.-H. Lindley, M. Schröter et H.-F. Weber.

Étude sur divers types de chaudières marines, par Görris.

Le télégraphon, par Thomae.

Méthode élémentaire pour l'évaluation de la stabilité des cheminées.

Le rôle social de l'ingénieur et les privilèges des écoles supérieures, par M. Von Œchelhaeuser.

Bibliographie. — La résistance des navires et leur manœuvre, par R. Haack.

Revue. — Moteurs à gaz de toute provenance. — Paquebot à deux hélices *Prinzessin Victoria Luise.*

N° 27. — *7 juillet 1900.*

Exposition universelle de Paris en 1900. — Machines-outils, par M. Fischer.

Étude critique sur les distributions à détente par doubles tiroirs, par A. Bantlin.

Étude sur divers types de chaudières marines, par Görris (*fin*).

Question du métal homogène en Autriche, par M. Mehrtens.

Expérience sur une turbine à vapeur actionnant une dynamo à courant alternatif, par W.-H. Lindley, M. Schröter et H.-F. Weber (*fin*).

Groupe du Rhin-moyen. — Emploi des gaz des hauts fourneaux comme force motrice.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 17 juin 1900.

Revue. — Procédé Goldsmith pour réparer les défauts des pièces d'acier coulé ou forgé.

N° 28. — *14 juillet 1900.*

Exposition universelle de 1900, à Paris. — La technique des courants à haute tension, par M. Friese.

Moteurs à combustible liquide pour automobiles, par H. Guldner.

La construction des ponts en Allemagne au XIX[e] siècle, par S. Mehrtens (*suite*).

Appuis des poutres de ponts sur rouleaux ou sur pièces oscillantes, par W. Cauer.

Questions commerciales relatives à la production du fer et de l'acier.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 17 juin 1900 (*fin*).

Revue. — Promenades à l'Exposition universelle de Paris. — Collation du titre de Docteur-Ingénieur par les écoles techniques supérieures en Prusse.

N° 29. — *21 juillet 1900.*

Exposition universelle de 1900, à Paris. — Les moyens de transport, par J. Kollmann.

Progrès dans le domaine de la brasserie, par N. Hempel.

Exposition universelle de Paris. — Les machines-outils, par H. Fischer (*suite*).

Influence des masses en mouvement et des régulateurs à action indirecte sur les variations de vitesse des turbines à charge brusquement variable, par C. Hatzelsieder.

Revue. — Promenades à l'Exposition universelle de Paris.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Carnet du chauffeur, par MM. de La Valette et L. Périssé.

Ce petit livre, dont la publication annuelle remonte à 1897, est de plus en plus apprécié des touristes. Carnet élégant pour recevoir leurs notes de route et les visas d'octroi, il contient de nombreux renseignements théoriques et pratiques, qui en font un vade-mecum d'une réelle utilité.

Le chapitre *Aide-Mémoire* a reçu cette année un plus grand développement. Les auteurs, désireux sans doute d'intéresser plus intimement les adeptes du nouveau sport aux problèmes mécaniques qu'il comporte, ont cru bon de donner les formules, d'ailleurs encore incertaines, qui servent à calculer les conditions d'établissement d'une voiture automobile : résistances diverses, effort de traction, travail moteur, etc. Ils indiquent des méthodes pratiques pour déterminer la vitesse, pour apprécier les qualités de l'essence, la consommation de marche, etc.

Du chapitre *Conseils et Instructions*, je retiendrai surtout les conseils juridiques pour la route, ainsi que la substantielle notice de M. Baudry de Saunier sur les moyens de remédier à la fâcheuse panne ; cette notice générale est complétée par les instructions particulières que les principaux constructeurs ont publiées sur le fonctionnement et la conduite des voitures sorties de leurs ateliers.

Les autres chapitres rappellent les règlements et décrets, ainsi que les adresses utiles au touriste.

Une carte de France, avec les routes nationales et départementales, l'indication du pavage, les distances, les villes où l'on peut se procurer de l'essence, les stations de charges électriques, permet de composer facilement un itinéraire.

R. Soreau.

Les nouveaux ascenseurs, par M. H. de Graffigny.

Cette monographie, qui appartient à la *Petite Encyclopédie scientifique et industrielle*, est destinée sans doute à familiariser le grand public avec les dispositions essentielles de ces appareils modernes, de plus en plus répandus.

L'auteur décrit d'abord les ascenseurs à puits non équilibrés, que la cabine soit directement portée par le piston, ou qu'elle soit suspendue à un câble passant sur une poulie supérieure de renvoi et sur un mouflage placé sur le piston : tel était l'ascenseur Otis qui faisait le service de la Tour Eiffel, depuis le sol jusqu'à la deuxième plate-forme, et qui a été remplacé pour 1900 par une installation due à la Compagnie de Fives-Lille.

Puis viennent les ascenseurs équilibrés. L'équilibrage peut se faire

par un contrepoids, comme dans l'ascenseur Edoux, ou par une seconde cabine : c'est l'idée appliquée par la maison Edoux pour l'ascenseur qui va de la deuxième plate-forme au sommet de la Tour Eiffel ; la cabine-lest fait la moitié du chemin, de la plate-forme à un plancher intermédiaire, et la cabine portée par le piston fait l'autre moitié, du plancher intermédiaire au sommet. Dans le cas de deux ascenseurs conjugués, l'équilibrage peut se faire sans contrepoids, en reliant les deux cylindres, ce qui donne une balance hydrostatique. Ce dernier dispositif conduit aux compensateurs, dont les types sont nombreux : Pifre, Edoux, Samain, etc.

Les ascenseurs hydrauliques sans piston sont représentés par le système Otis, si en faveur en Amérique ; ils comportent essentiellement un câble de suspension avec piston mouflé ou treuil mû par un dispositif hydraulique. Par extension, l'auteur décrit le hardi ascenseur continu de Hart, sorte de noria dont les cages-godets transportent sans arrêt les voyageurs, puis, arrivées à la partie supérieure, se replacent parallèlement à elles-mêmes, ce qui permet de les utiliser à la descente, et même de franchir sans danger le point culminant.

Viennent ensuite les ascenseurs électriques proprement dits, sans puits, avec treuil actionné par une dynamo, comme ceux de Halske, d'Otis, de Samain, et les ascenseurs hydro-électriques, système bâtard, né de l'élévation du prix de l'eau de source à Paris, ce qui conduisit à transformer les appareils existants et à obtenir la pression de l'eau avec un moteur électrique : tels sont l'ascenseur Samain, le projet Guyenet et de Mocomble, l'ascenseur à compensateur électrique Pifre. La même circonstance fit naître les ascenseurs à air comprimé.

Un chapitre spécial donne quelques indications sur les appareils de manœuvre et de sécurité : parachute à billes, freins à enclenchement, à sabots, hydrauliques, etc.

L'auteur termine par la description de quelques monte-charges, tels que le monte-charges à vapeur de l'hôtel des Postes, qu'il juge bien sévèrement, et le monte-charges électrique automobile d'Œrlikon, sans câble ni piston, mais où le moteur, fixé sous la benne, fait tourner une roue qui engrène avec les crémaillères des guidages. Il rappelle aussi les ascenseurs hydrauliques pour bateaux et chemins de fer : ascenseur classique des Fontinettes, ascenseur de Heinrichenbourg, bacs à vapeur, etc.

Tel est ce petit ouvrage de vulgarisation, illustré de 57 figures, pas assez nombreuses toutefois pour que le public auquel il parait s'adresser puisse toujours suivre facilement les quelques développements techniques que l'auteur a cru devoir donner.

R. Soreau.

Les secrets de fabrication des moteurs à essence pour motocycles et automobiles, par Géorgia Knap, 2e édition, 1900 [1].

Le titre de l'ouvrage, peut-être un peu particulier, est cependant

(1) Un volume in-8° raisin de 552 pages, 119 figures dans le texte. Éditeur, V. Martelet, à Troyes.

exact; c'est un recueil de nombreux et excellents détails de construction, de tours de mains de mécaniciens, de recettes de voituristes consommés, qui est destiné au plus grand profit des ingénieurs, ouvriers ou chauffeurs qui le consultent. L'auteur est un praticien qui, dans les études qu'il a faites par lui-même sur les moteurs à pétrole de toutes sortes, n'a pas laissé passer un seul phénomène sans en rechercher la cause et les conséquences, alors que bien souvent, on laisse dans l'ombre et l'oubli l'incident qu'on ne peut expliquer à première vue. Il a réuni ainsi un bagage technique et pratique à la fois, tout à fait considérable, qu'il présente au public tout simplement, sans s'attacher à un ensemble complet ni à un ordre logique.

L'ouvrage de M. Knap comprend divers chapitres qu'on peut grouper de la façon suivante :

1° Étude des détails de construction d'un moteur (alésage, segments, rodage, montage, etc.).

2° Étude de l'aspiration, l'échappement et l'allumage (ressorts, couvertures, manchons), importance de l'emplacement des soupapes, emploi de nickel, silencieux, bougies, bobines et dynamos.

3° Étude des phénomènes de carburation et des carburateurs.

4° Essais des moteurs.

5° Conseils sur la conduite des moteurs, conseils divers, recettes utiles, etc.

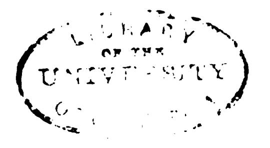
La 2e partie du livre est la relation détaillée des expériences effectuées et des résultats obtenus au concours de moteurs et de voitures exécuté en décembre 1899, sous les auspices de la Locomotion Automobile et dont M. Knap a été à la fois le promoteur et le zélé directeur.

En résumé, c'est un livre essentiellement pratique que doivent connaître tous ceux qui s'occupent des moteurs à gaz et à pétrole appliqués ou non à l'automobilisme.

L. P.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16980-8-00. — (Encre Lorilleux).



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1900

N° 14.

CANONS A TIR RAPIDE

DE BORD, CAMPAGNE, SIÈGE ET PLACE

PAR

M. G. CANET

En 1889, au moment de la dernière Exposition universelle, le plus gros canon à tir rapide adopté en France était le canon de 47 *mm* de la Marine, pesant 230 *kg* et lançant un projectile de 1,5 *kg* à la vitesse d'environ 600 *m*. Quant à la rapidité du tir, elle était considérablement gênée par la fumée provenant de la poudre que l'on employait à cette époque.

Aujourd'hui, vous voyez dans ce pavillon un canon à tir rapide de 24 *cm*, pesant 24 000 *kg* et lançant un projectile de 150 *kg* avec une vitesse voisine de 900 *m*.

Le rapprochement de ces chiffres permet de se rendre compte des progrès accomplis en onze années par l'artillerie. Ils sont surtout caractérisés par le développement considérable du tir rapide et son extension aux plus gros calibres de la Marine, d'une part, et à l'artillerie de campagne, d'autre part. Développement tel, qu'on peut prévoir que, dans un bref délai, le matériel d'artillerie de toutes les puissances sera uniquement composé de canons à tir rapide.

Ce serait une tâche considérable que de vous exposer et d'examiner avec vous toutes les inventions ou perfectionnements qui ont permis d'atteindre ce résultat; le temps dont nous disposons est beaucoup trop restreint pour que je songe à l'entreprendre. Aussi me contenterai-je de vous exposer rapidement la marche générale des progrès accomplis, en vous citant comme exemples de leur réalisation quelques-uns des dispositifs que vous avez sous les yeux, dans ce pavillon.

Tout d'abord, je voudrais vous définir ce que nous entendons aujourd'hui par canon à tir rapide.

Qu'est-ce donc qu'une pièce à tir rapide?

Est-ce seulement une pièce qui tire vite et sa valeur peut-elle

se mesurer par le nombre de projectiles qui sortent de la bouche en une minute, par exemple?

Il importe évidemment que ce nombre soit le plus grand possible; mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Il faut encore que ces projectiles atteignent le but.

Une pièce à tir rapide est donc celle qui, en envoyant au but en quelques instants un grand nombre de projectiles, produit le maximum d'effet dans le minimum de temps.

Le tir rapide permet ainsi d'économiser les projectiles en les prodiguant au moment voulu et pendant un temps très court.

Quelles sont maintenant les conditions que doit remplir une pièce à tir rapide?

Elles se trouvent évidemment toutes résumées dans la suivante :

Réduction au minimum du temps qui s'écoule entre le départ d'un coup et le moment où la pièce, *repointée sur le but*, est de nouveau prête à faire feu.

Pendant cet intervalle de temps, les opérations suivantes doivent prendre place :

1° Le recul;
2° La rentrée en batterie;
3° Le chargement de la pièce;
4° Le pointage.

Parmi ces opérations, une seule, le chargement de la pièce, est liée à la bouche à feu et à ses munitions. Les trois autres dépendent exclusivement de l'organisation de l'affût, dont les dispositions influent dès lors considérablement sur la rapidité du tir.

D'une façon générale, une pièce à tir rapide doit donc remplir les conditions suivantes :

1° Introduction facile et rapide des munitions à leur position de chargement;

2° Ouverture et fermeture rapide de la culasse;

3° Mécanismes de pointage et appareils de visée disposés de manière à permettre la continuité du pointage;

4° Mise de feu rapide.

Ces conditions sont réalisées en partie depuis quelque vingt ans, pour les canons de petit calibre, comme le 37 *mm* et le 47 *mm*.

Là, en effet, le problème se réduisait, pour ainsi dire à sa plus simple expression. D'une part, le petit calibre et la faible puissance de ces bouches à feu permettaient de réduire l'affût à un simple support recevant directement l'action des gaz de la poudre. D'autre part, le faible poids des parties mobiles, tant au pointage en hauteur qu'au pointage en direction, ne nécessitait l'emploi d'aucun mécanisme pour la manœuvre. Il avait donc suffi d'un système de fermeture rapide et de l'emploi de douilles métalliques pour réaliser le canon à tir rapide de cette époque.

Ce n'est guère que dix ans plus tard que l'apparition des nouvelles poudres sans fumée vint donner un vif essor à l'artillerie à tir rapide, dont le domaine n'a cessé de s'agrandir depuis.

Pour arriver à ce résultat, nous avons dû, avec tous ceux qui s'occupent de la conception du matériel d'artillerie, apporter un grand nombre de perfectionnements à tous les éléments constitutifs de ce matériel.

D'abord aux munitions, par la réunion du projectile, de la charge et de l'amorce en une cartouche, analogues à celles que l'on emploie depuis longtemps dans les fusils. Cette transformation, qui augmente singulièrement la rapidité du chargement, a été permise par les progrès considérables accomplis dans la fabrication des douilles métalliques, progrès tels que l'on peut exécuter aujourd'hui, d'une façon courante, des douilles pour canons de 24 *cm* et même de 30 1/2 *cm*.

En ce qui concerne le matériel lui-même, nous avons à examiner les perfectionnements qui se rapportent à la fermeture de culasse avec les organes nécessaires pour la mise de feu et la sécurité de l'emploi du canon ; ceux qui ont trait aux mécanismes de pointage et ayant pour but de les rendre très doux et très rapides ; enfin les dispositifs relatifs aux appareils de visée.

Je vais prendre d'abord les perfectionnements qui se rapportent à l'artillerie de marine, parce qu'ils sont les premiers en date, l'artillerie de terre n'ayant suivi le mouvement que beaucoup plus tard, pour des raisons que je développerai tout à l'heure.

Les mécanismes de fermeture des canons à tir rapide ont à remplir des conditions spéciales. Leur manœuvre doit, cela va de soi, être particulièrement rapide. Le problème peut être considéré comme entièrement résolu pour les moyens calibres ; la

fermeture pour les canons à tir rapide de bord exposés ici en est un des exemples les plus répandus. Un seul mouvement de levier suffit à produire l'ouverture ou la fermeture de la culasse.

Pour la fermeture des canons de gros calibres, l'importance des masses à mouvoir, ainsi que l'emploi d'obturateurs dans le cas, fréquent pour ces bouches à feu, où la charge n'est pas contenue dans une douille métallique, compliquaient singulièrement la recherche d'une solution satisfaisante. Néanmoins, deux ypes de fermetures rapides sont appliqués ici : l'une à un canon de 24 *cm*, l'autre à un canon de 20 *cm*. Cette dernière est la même que celle des pièces de moyen calibre, c'est-à-dire qu'elle se manœuvre par un seul mouvement de levier; celle du canon de 24 *cm* s'ouvre ou se ferme par trois tours et demi d'une manivelle disposée sur le côté.

Pour les petits calibres, en raison des difficultés que l'on rencontre pour placer les différents appareils de mise de feu et de sécurité dans une petite vis, nous avons dû adopter un autre mode de fermeture; c'est le système dit à filets concentriques, qui est appliqué ici sur les canons de 37 *mm* et de 47 *mm*.

En dehors de leur manœuvre rapide, les systèmes de fermeture doivent comporter un mécanisme de mise de feu de fonctionnement sûr et commandé par le pointeur. Cette mise de feu se fait, soit au moyen d'étoupilles à percussion, soit au moyen d'étoupilles électriques, vissées dans le culot des douilles métalliques.

Les étoupilles électriques, offrent, sur les étoupilles à percussion, le grand avantage d'une sécurité complète dans la manutention et le transport des munitions. Mais par contre, elles ne se suffisent pas à elles-mêmes et leur fonctionnement nécessite l'emploi d'organes extérieurs, tels que piles, canalisations, commutateurs et prises de contact, qui sont sujets à détérioration. Cette considération a conduit à disposer le système de fermeture de manière à recevoir indifféremment la mise de feu à percussion ou la mise de feu électrique, l'organe de commande, placé sous la main du pointeur, restant le même dans les deux cas.

S'il se produit une avarie de la mise de feu électrique, son remplacement par le système à percussion peut s'opérer instantanément, et l'on obtient ainsi une sécurité complète.

D'autre part, la commande de la mise de feu par le pointeur, placé face en avant sur le côté de l'affût, exige l'emploi d'appareils de sécurité pour garantir le servant chargé de la culasse contre les fausses manœuvres.

C'est ainsi qu'un dispositif mécanique empêche, d'une façon absolue, le pointeur d'actionner l'appareil de mise de feu si la culasse n'est pas complètement fermée. C'est ce qu'on appelle la sécurité contre les mises de feu prématurées.

En second lieu, il était également nécessaire de prévenir les accidents qui résulteraient d'une ouverture prématurée de la culasse en cas de long-feu. Cette nécessité n'existait pas, du moins au même degré, avec les anciennes pièces à tir lent; elle s'impose, d'une façon absolue, pour les pièces à tir rapide dont les servants seront pendant le combat, dans un état de surexcitation nerveuse, dont les tirs en temps de paix ne peuvent donner qu'une idée approchée. Il est évident que, dans cet état, on ne peut leur demander d'observer le bruit de la détonation et le recul de leur pièce avant de toucher à la culasse. On confie donc cette mission à un dispositif mécanique qui s'oppose à l'ouverture de la culasse par les moyens habituels, si la mise de feu ayant fonctionné, la pièce n'a pas reculé. Le servant, étant ainsi forcément averti, n'emploie la manœuvre spéciale que nécessite dans ce cas l'ouverture de la culasse qu'à bon escient et quand cette ouverture ne présente plus aucun danger.

C'est également en ayant égard à ces considérations que lorsqu'on emploie les étoupilles à percussion, on préfère généralement la mise de feu à répétition, qui permet de redoubler immédiatement, sans autre manœuvre, une percussion qui n'a pas produit l'explosion, à la mise de feu à armé automatique qui nécessite une manœuvre de la culasse ou du mécanisme percutant en cas de raté.

Enfin, le système de fermeture doit encore être complété par des dispositifs automatiques, maintenant la culasse à sa position de fermeture (sécurités contre les dévirages) et à sa position d'ouverture. Ce dernier dispositif est particulièrement nécessaire pour les canons de bord qui sont soumis au roulis.

Nous avons déjà dit que les dispositions des affûts avaient une influence très grande, sinon prépondérante, sur la rapidité du tir. Ce sont elles, en effet, qui déterminent la durée de la rentrée en batterie et surtout la rapidité du pointage.

Nous ne parlerons pas ici de l'emploi général des freins hydrauliques pour limiter le recul des bouches à feu, parce qu'il a nécessairement précédé la création des canons à tir rapide. Ceux-ci n'existeraient pas s'il n'y avait pas de freins hydrauliques.

Toutefois, il y a lieu de remarquer, en passant, que malgré l'énorme augmentation de puissance qui a été donnée aux bouches à feu par les nouvelles poudres, on a pu réduire notablement les longueurs de recul adoptées, il y a dix ans. Ce résultat, particulièrement avantageux pour les affûts de bord dont il permet de réduire l'encombrement, a été obtenu grâce à la souplesse des freins hydrauliques qui se prêtent à un réglage pour ainsi dire parfait, et aussi à l'emploi de matières de première qualité dans la constitution des affûts.

L'énergie du recul est partiellement employée à comprimer un organe élastique qui, par sa détente, assure ensuite la rentrée automatique du canon en batterie sous l'inclinaison maximum. Cet organe élastique est constitué, soit par des colonnes de ressorts, soit par un certain volume d'air comprimé.

L'emploi des ressorts, qui offrent l'avantage de se suffire à eux-mêmes, ne présentait pas de grandes difficultés avec les canons de moyens calibres. Leur application aux canons de gros calibres a rencontré, au contraire, de sérieux obstacles qui ne sont peut-être pas complètement surmontés aujourd'hui encore.

La longueur du recul que l'on doit réserver aux pièces de gros calibres est nécessairement plus grande, en valeur absolue, que celle qui est attribuée aux bouches à feu de moyens calibres. D'autre part, la nécessité d'assurer une indépendance complète du frein et du récupérateur, conduit à donner aux colonnes de ressorts une course de compression égale à la longueur même du recul. Il en résulte que, pour ne pas donner à ces colonnes de ressorts une longueur et un poids exagérés, on est obligé de faire travailler le métal qui les constitue à un taux très élevé et de multiplier le nombre de colonnes de ressorts.

L'emploi de l'air comprimé ne nécessite, au contraire, qu'un organe unique, et de poids beaucoup plus faible. De plus, on peut régler le rapport du volume initial de l'air au volume final, de manière que la pression à la fin du recul ne soit que peu supérieure à la pression initiale. On obtient ainsi plus de régularité pour les vitesses de rentrée en batterie sous les différentes inclinaisons du canon, qu'avec les ressorts pour lesquels la tension finale est toujours de beaucoup plus grande que la tension initiale.

Par contre, l'air comprimé nécessite l'emploi de pompes de compression et de canalisations, qui d'ailleurs, existent déjà à

bord des navires, pour le chargement des torpilles, et de joints qui doivent être d'une étanchéité à peu près absolue. Cette dernière partie du problème peut être considérée comme résolue aujourd'hui.

Quoi qu'il en soit, ressorts ou air comprimé assurent également bien une vitesse de rentrée en batterie suffisamment rapide, et dont la durée, toujours faible, n'intervient du reste, que pour une petite part dans la rapidité du tir.

Il n'en est pas de même pour les mécanismes de pointage qui ont une influence considérable sur cette rapidité.

Pour qu'une pièce soit véritablement à tir rapide, il faut que le pointeur ayant constamment l'œil à la ligne de mire, puisse diriger celle-ci sur le but d'une façon continue, sans le lâcher pour ainsi dire un seul instant, et mettre le feu dès que le chargement est terminé. Il faut donc que la manœuvre des volants de commande, qu'il a dans les mains, ne nécessitent que des efforts faibles et d'une grande régularité.

Pour le pointage en hauteur, cette régularité est obtenue en équilibrant le système mobile autour de l'axe des tourillons ou en d'autres termes, en faisant coïncider à très peu près le centre de gravité de la masse mobile avec cet axe. Dans ces conditions, l'effort reste constant quelle que soit l'inclinaison du canon.

D'autre part, le travail résistant, qui se réduit dans l'espèce à celui du frottement des tourillons dans leurs sous-bandes, augmente rapidement avec le calibre; et il ne serait pas possible, à moins d'admettre une lenteur de déplacement du canon incompatible avec le tir rapide, de faire commander par le pointeur le déplacement en hauteur des canons de gros calibres, sans prendre des dispositions spéciales pour diminuer ce frottement. Ce résultat est obtenu par l'interposition de couronnes de galets entre les tourillons et leurs sous-bandes et, grâce à cette disposition, le déplacement en hauteur des plus gros canons peut, sans difficulté, être commandé par le pointeur seul.

Des dispositions analogues ont été prises pour le pointage en direction. On a dû, pour obtenir la régularité de l'effort, quelle que soit l'inclinaison du navire, équilibrer le système mobile autour de l'axe de rotation de l'affût.

D'autre part, la vitesse minimum de rotation de l'affût se trouve en quelque sorte déterminée par la nécessité de suivre un but aussi mobile qu'un navire, même à courte distance. Les augmen-

tations successives qu'on a données à la vitesse des navires de guerre ont donc eu une grande influence sur les dispositions relatives au pointage en direction.

Après la substitution de galets isolés aux patins qui supportaient primitivement la masse mobile, sont venus les couronnes de galets, puis les couronnes de billes, de grand diamètre. Cherchant ensuite à réduire le bras de levier de l'effort résistant, on est arrivé à faire supporter le poids mobile par un grain-pivot en acier trempé de petit diamètre, disposition qui satisfait pleinement aux exigences actuelles pour les canons de moyens calibres à tir rapide.

Pour les bouches à feu de gros calibres, et peut-être même à partir du calibre de 15 *cm*, ce dispositif ne permet plus d'assurer un effort faible avec une rapidité suffisante; on a alors recours à des couronnes de billes de petit diamètre et, en même temps, à des organes de transmission spéciaux qui assurent l'irréversibilité aussi bien que la vis sans fin tout en ayant un rendement bien supérieur à celui de cette dernière. C'est ainsi que le pointeur du canon tir rapide de 24 *cm* qui est exposé ici peut, sans difficulté, déplacer un poids de près de 40 000 *kg* avec une rapidité suffisante pour suivre un but qui passerait à une distance de 500 *m*, avec une vitesse, absolue ou relative, de 35 nœuds.

Les appareils de visée ont également une grande influence sur la rapidité du tir.

Fixés à l'origine sur le canon et reculant avec lui, ils ne pouvaient permettre la continuité de la visée, condition absolue du tir rapide. Ils ont donc été disposés sur le berceau ou manchon dans lequel le canon recule et qui prend part au mouvement de pointage en hauteur. C'est dans ces conditions que sont installés aujourd'hui les appareils de visée de la plupart des canons de bord.

Toutefois, une nouvelle tendance commence à se faire jour. Après avoir rendu la ligne de mire indépendante du recul, on cherche à la rendre également indépendante du pointage en hauteur. Cette disposition, à laquelle nous avons donné le nom caractéristique de « ligne de mire indépendante » offre surtout l'avantage, pour les canons de gros calibres et encore plus pour les obusiers, de rendre la visée indépendante du chargement. Cette tendance est d'ailleurs, une conséquence directe de l'extension du tir rapide aux canons de gros calibres.

Ces derniers doivent, en effet, être ramenés après chaque coup, dans une position voisine de l'horizontale, pour permettre le chargement. La disposition des lignes de mire actuelles oblige donc le pointeur à attendre que le chargement soit terminé pour donner au canon l'inclinaison voulue et commencer son pointage. Contrairement à ce qui se passe pour les canons de petits et de moyens calibres, et aussi aux vrais principes du tir rapide, le chargement et le pointage sont des opérations successives et non simultanées. La ligne de mire indépendante permet de les exécuter en même temps.

Les canons à tir rapide sont nécessairement munis de masques de protection qui augmentent, il est vrai, dans une notable proportion, l'importance de la masse mobile, mais qui sont absolument indispensables si l'on veut que les servants conservent quelque sang-froid pendant le combat. Il n'est d'ailleurs pas possible, dans la plupart des cas, de donner à ces masques une grande épaisseur et la protection qu'ils offrent est, par suite, plus morale que matériellement effective.

Pour les canons de gros calibres, on s'efforce, au contraire, de leur assurer une sécurité complète en les plaçant le plus souvent, dans des tourelles fermées dont les parois sont formées de blindages d'une grande épaisseur. Le poids de la masse mobile au pointage en direction s'accroît par suite, dans de telles proportions, qu'il ne saurait plus être question de produire le mouvement par un volant de commande manœuvré par le seul pointeur.

On a alors recours à l'emploi de moteurs qui peuvent recevoir leur puissance par l'intermédiaire de l'eau sous pression, de la vapeur, de l'air comprimé, ou enfin de l'électricité qui a généralement supplanté aujourd'hui les trois autres agents de transmission d'énergie. Cependant, on construit encore, notamment en Angleterre, quelques tourelles à manœuvre hydraulique.

L'application du tir rapide aux gros calibres a conduit, d'autre part, à l'adoption d'appareils de chargement à manœuvre automatique et à l'installation de norias ayant un débit correspondant à la rapidité de tir maximum permise par le canon. Ces norias ou monte-charges sont, en général, mus par l'électricité.

Enfin, au cas d'avarie des moteurs ou de la canalisation, la commande à bras d'homme peut se substituer rapidement à la commande électrique.

Pour l'artillerie de campagne, la question de l'application du tir rapide demeura longtemps à l'étude et donna lieu à de vives controverses. Les artilleurs qui avaient fait la guerre, et qui connaissaient par expérience les épreuves si dures auxquelles sont soumis les canons de campagne, et les difficultés souvent très grandes qu'on rencontre pour en assurer l'approvisionnement en munitions, se montrèrent hostiles à tout matériel présentant une délicatesse même relative dans ses organes principaux et sujet à des avaries pouvant immobiliser la pièce au moment du combat. D'autre part, la qualification de tir rapide représentait faussement à leurs yeux un gaspillage des munitions. Disons de suite que, devant les résultats obtenus, cette hostilité marquée s'est depuis changée en admiration.

La grande difficulté pour la pièce de campagne était de concilier la stabilité au tir avec la mobilité indispensable pour cette espèce de matériel. Cette difficulté n'existe pas pour les pièces de marine dont les supports sont fixes et proportionnés aux efforts et reposent sur des ponts qui ont toute la solidité désirable. Mais pour assurer la stabilité d'un canon de campagne sur un sol quelconque, il a fallu faire de nombreuses recherches sur l'emplacement, la nature et la forme du point d'appui.

Un grand nombre de dispositifs furent successivement essayés: freins à gaz de bouche utilisant la pression des gaz à leur sortie du canon, billots articulés sous la pièce, bèche d'essieu, bêche de flèche, etc., pour arriver enfin à la bèche de crosse presque partout adoptée sous sa forme actuelle et qui assure l'ancrage dans le sol tout en modérant l'enfoncement dans les terrains trop meubles sous l'action d'un tir prolongé.

La suppression du recul de l'affût étant ainsi obtenue, il fallait, d'autre part, empêcher le soulèvement de la pièce, et c'est ainsi qu'on a été conduit, à l'inverse de ce que nous avons vu pour l'artillerie de marine, à allonger considérablement le recul des canons de campagne par rapport à leurs affûts, de manière à réduire au minimum les efforts exercés sur ces derniers.

Cette immobilité complète des affûts a permis d'y fixer latéralement des sièges sur lesquels le pointeur et le servant de culasse restent assis pendant le tir. Le pointage et le chargement s'effectuent ainsi d'une façon continue.

A côté du matériel, les munitions furent aussi modifiées. La

réduction du poids conduisant à une diminution du calibre, la création de projectiles nouveaux s'imposa pour gagner en effets réels ce qu'on perdait en poids. C'est ainsi qu'on arriva à l'obus à balles, connu sous le nom de shrapnel, qui est constitué par une enveloppe d'acier renfermant un grand nombre de balles et une charge de poudre dont la détonation au point voulu, sous l'influence de la fusée, projette la mitraille sur une large surface et avec une vitesse supérieure à la vitesse restante du projectile lui-même.

En outre, l'emploi de la douille de cuivre contenant la charge et assurant l'obturation se généralisa. On parvint à y sertir convenablement le projectile, afin de doter le canon d'une cartouche unitaire semblable à celle du fusil, permettant, grâce aux nouvelles culasses, d'effectuer le chargement avec une rapidité telle que le temps qu'il nécessite n'intervient pas dans la durée qui s'écoule entre deux coups, la pièce étant rechargée au moment même où la rentrée en batterie est effectuée.

Enfin, il restait une dernière question à résoudre. Dans le tir d'un canon, quel que soit le type ou le mode de construction, l'opération la plus importante, celle qui retarde le départ du coup et en assure l'efficacité, est celle qui consiste à diriger exactement la pièce sur le but à battre et à lui donner, avec l'horizontale, l'angle correspondant à la distance à atteindre.

Pour qu'un canon à tir rapide soit vraiment à tir rapide c'est-à-dire que le grand nombre de coups tirés par minute ne soit pas obtenu au détriment de la justesse, il faut arriver à des dispositifs permettant au pointeur, non seulement de pointer avec une rapidité plus grande que celle qu'on pouvait obtenir avec l'ancien matériel, mais encore de pointer avec une exactitude absolue, pour qu'aucun coup ne soit perdu, et qu'à l'économie de temps corresponde l'économie en munitions.

Ce problème fut des plus délicats à résoudre. Tous les constructeurs n'y sont pas parvenus, et à ce point de vue l'Industrie française peut être fière d'avoir devancé ses concurrents.

Nous y sommes arrivés en bridant tout le système fixe par un enrayage de tir et en mettant sous la main du pointeur les commandes mécaniques du pointage : pointage latéral obtenu par le déplacement de l'ensemble canon et affût sur l'essieu ; pointage vertical réalisé par la rotation du berceau portant le canon autour de ses tourillons. Enfin, pour éviter que chaque correction de

pointage entraine chaque fois une visée nouvelle toujours sujette à erreur lorsque le viseur est plus ou moins troublé par la rapidité qu'on lui demande, nous avons adapté à nos canons de campagne, une ligne de mire indépendante de la pièce.

Par l'emploi de mécanismes très simples, nous sommes arrivés à séparer complètement l'opération de la visée de toutes les autres, à donner ainsi au pointeur toute la tranquillité d'action qu'exige le pointage et à permettre au directeur du feu, de régler son tir et d'étendre son efficacité en profondeur et en largeur, sans donner au pointeur d'autre préoccupation que celle de maintenir sa ligne de mire dans la direction du but indiqué.

Ce perfectionnement joint aux appareils purement mécaniques pour le réglage mathématique et rapide des fusées, donne au matériel de campagne à tir rapide, sa qualité primordiale sans laquelle les autres ne sont que relatives. Si l'augmentation de la rapidité n'était pas en effet accompagnée d'un accroissement d'efficacité, le progrès ne serait pas complet. Les résultats ne seraient pas augmentés en proportion du nombre de munitions consommées, mais du moment que dans un temps donné le nouveau materiel permet de *mettre au but* dix fois plus de projectiles que l'ancien, qu'il laisse la faculté d'étendre l'efficacité du tir sur des surfaces considérables, par exemple pour chaque pièce de couvrir de balles une surface de plus de deux hectares en une minute avec vingt projectiles, sans que l'exactitude de la visée ait été modifiée, on comprend alors que la rapidité cherchée a eu pour effet d'accroître l'efficacité, que de plus, économie de munitions est résultée de la réduction du temps d'action nécessaire pour battre un but donné et qu'une tactique nouvelle augmentant la puissance des armes modernes est née de l'immense progrès réalisé.

MONTAGES

DES

PONTS ET CHARPENTES[1]

PAR

M. MICHEL-SCHMIDT

Notre cher Président, M. Canet, en prenant possession du fauteuil de la présidence, et tout à l'heure encore, vous entretenait de cette admirable branche de notre Industrie Nationale (et plus spécialement des industries de nos usines), pour laquelle MM. Schneider se sont adjoint sa précieuse collaboration, et ont créé leur plus puissant outillage : est-il besoin de citer l' « Artillerie » ?

Avec un tel sujet, sa chaude parole et sa haute compétence devaient nécessairement vous tenir sous le charme ; pour moi, je vais rester sur un terrain beaucoup plus pacifique, et faire appel à toute votre bienveillance pour en augmenter l'intérêt.

Permettez-moi, tout d'abord, de vous faire connaître, à côté de la puissante cité ouvrière du Creusot, un coin de la Bourgogne où l'on s'efforce également de maintenir le bon renom de MM. Schneider : je veux parler des chantiers de constructions de Chalon-sur-Saône, désignés, dans la région, sous le nom pompeux de « Petit Creusot », ou encore de « Bateau de Fer », expression pittoresque inspirée de leurs premières constructions.

Ces Chantiers, situés à la rencontre de la Saône et du canal du Centre, non loin du canal de Bourgogne, reliés en outre à un embranchement de la Compagnie P.-L.-M., ont leurs débouchés largement assurés dans les diverses régions.

Ils exécutent spécialement :

Les constructions pour la Marine Nationale, telles que : bateaux-portes, docks flottants, torpilleurs...

(1) Voir planches nos 237, 238, 239, 240 et 241.

Le matériel d'artillerie : avant et arrière-trains, masques, affûts...

Le matériel-outillage de travaux publics : sas à air, caissons pneumatiques, suceuses, dragues, chalands...

Enfin, parmi tous les travaux divers en fer et en acier, tous les types de ponts et charpentes de grande portée.

Le but de cette conférence est de vous entretenir de quelques-uns des travaux les plus marquants de notre section « Ponts et Charpentes », qui a exécuté, pour l'Exposition de 1900, la grande tour métallique de 40 *m* du phare Katsépé, le pavillon de MM. Schneider, enfin le pont Alexandre III pour la plus grande part.

Il nous a paru intéressant de faire ressortir, par quelques exemples, le rôle prépondérant que ces Chantiers ont tenu dans la création des principaux procédés de montage devenus, dans la suite, d'un usage courant.

On retrouve, en effet, de nos jours, plus ou moins transformée, l'application aux plus importants viaducs modernes des moyens mis en œuvre, dès 1860, par MM. Schneider qui ont été des précurseurs dans cette branche importante de l'Art de la Construction.

Chacun des viaducs que nous allons citer a réalisé, pour son époque, un pas décisif en avant; on y reconnaitra le principe de dispositions heureuses et fécondes, ne présentant pas seulement un intérêt purement historique, car ces ouvrages offriraient encore actuellement les difficultés de construction les plus sérieuses.

Après avoir passé rapidement en revue les ouvrages de la première heure, nous nous attacherons, d'une façon plus détaillée, à la description des travaux récents offrant un intérêt technique plus immédiat, et prouvant que MM. Schneider n'ont jamais cessé de se tenir au premier rang des Constructeurs, alors même qu'une noble émulation leur a créé de nombreux concurrents.

Nous diviserons les procédés de montage en cinq groupes :

Les montages en porte-à-faux;
Les mises en place par lancement;
Les montages sur ponts de service ;
Les mises en place par flottage ;
Les procédés mixtes.

Montages en porte-à-faux.

L'acheminement vers les montages en porte-à-faux remonte à 1859, époque où ce procédé fut employé avec succès à la construction des piles métalliques du grand *Viaduc de Fribourg ;* puis, d'une façon plus complète, au *Pont d'El Cinca*.

Viaduc de Fribourg.

L'imposant *Ouvrage de Fribourg*, situé sur la ligne de Fribourg à Lausanne, mesure 334 *m* de longueur ; le niveau du rail est à plus de 76 *m* au-dessus du niveau de l'étiage ; la voie est supérieure ; les poutres continues ; le viaduc comporte sept travées d'environ 49 *m* de portée, reposant sur des piles métalliques, et pesant 3 000 *t*.

Le tablier fut monté tout d'abord sur une plate-forme, ménagée en arrière de l'une des culées ; puis, un premier lançage ayant amené l'extrémité du tablier au droit du soubassement de la première pile, on monta cette pile métallique en utilisant la travée du pont restée en porte-à-faux.

Pour diminuer la fatigue du métal, pendant ce montage, on eut recours à un système de câbles et pylône soutenant l'ouvrage à la manière d'un pont suspendu.

Le montage de cette première pile terminé, on relia sa partie supérieure aux maçonneries de la culée par des haubans, et l'on procéda à un second lançage amenant l'extrémité du tablier au droit de la deuxième pile qui fut montée exactement comme la première. Le travail se continua ainsi, d'une façon très courante et sans le moindre arrêt, jusqu'à la culée opposée.

Nous ne pensons pas que l'on pourrait aujourd'hui résoudre ce même problème d'une façon plus élégante ni plus économique ; aussi, cette opération eut-elle, à l'époque, le plus légitime retentissement.

Une nouvelle application des procédés de porte-à-faux, mais dont la hardiesse parut encore bien plus grande, vint consacrer définitivement cette méthode de montage ; ce fut la construction du viaduc en arc, d'une portée de 70 *m*, que MM. Schneider construisirent, en 1866, sur la rivière *El Cinca*, en Espagne.

Viaduc El Cinca.

Ce pont-route franchit la rivière à un passage où les berges sont très abruptes et à une altitude de plus de 35 *m* ; la largeur du pont, entre garde-corps, est de 6 *m* seulement, ce qui nécessite un contreventement très soigné. Le viaduc est composé de quatre arcs, de 7,50 *m* de flèche, et 80 *m* de rayon ; il a été construit sans le secours d'aucun échafaudage.

Le montage fut conduit par les deux extrémités à la fois, et la jonction se fit à la clef ; on commença par ancrer solidement, dans les maçonneries des culées, la partie supérieure du pont aux naissances ; puis, on utilisa les deux consoles ainsi constituées, sur chaque rive, comme chemins de roulement des appareils de levage.

Une passerelle équilibrée, que l'on déplaçait au fur et à mesure de l'avancement du travail, servait de plancher de manœuvre pour les ouvriers et était suspendue à la dernière fraction d'arc montée. On éprouva de réelles difficultés pour recruter un personnel d'ouvriers assez confiants dans leurs chefs pour affronter les dangers que ce travail paraissait présenter ; aussi, les Ingénieurs durent-ils prêcher d'exemple, pour les décider à effectuer ce montage qui fut réalisé avec un plein succès.

Lancements.

Parmi les très nombreux et importants ouvrages que MM. Schneider ont mis en place par lancement, nous ne citerons que le *Grand pont de Stadlau* et le *Viaduc du Malleco*.

Pont de Stadlau.

Le premier de ces ouvrages fut construit, en 1870, pour la Compagnie des chemins de fer de l'État Autrichien ; il franchit le Danube, près de Vienne, et mesure 400 *m* de longueur répartie en cinq travées sensiblement égales ; les poutres ont 7,60 *m* de hauteur et sont en treillis à petites mailles.

Le lançage de cet ouvrage était particulièrement intéressant, pour son époque, en raison de l'énorme masse de métal à mettre en mouvement et qui dépassait 2000 *t*.

Viaduc de Malleco.

Parmi les 12000 *t* de ponts que MM. Schneider ont fournies au gouvernement du Chili, nombre d'ouvrages seraient à citer,

mais ne peuvent trouver place dans le cadre restreint de cette conférence ; nous nous bornerons à dire quelques mots du *Viaduc du Malleco*, dont l'exécution fut longtemps retardée par les difficultés de la mise en place.

La rivière du Malleco court dans une vallée très encaissée qu'il fallait franchir à l'aide d'un viaduc extrêmement élevé ; le niveau du rail se trouve, en effet, à plus de 100 *m* du fond de la vallée.

Ce viaduc est en cinq travées ; la longueur totale des poutres principales continues est de 347,50 *m* ; toutes les travées sont égales et ont 69,50 *m* de portée ; la voie est supérieure.

Les piles sont métalliques et atteignent la hauteur considérable de 76 *m* ; en raison de cette grande élévation, les conditions de stabilité sous l'action du vent devenaient capitales, et ce sont elles qui ont primé toutes les autres dans les études du viaduc. Le problème a été résolu de la façon la plus satisfaisante, et le lancement a pu être opéré sans qu'il soit nécessaire de haubanner les piles ; les divers hâlages se sont effectués sans aucun incident ; la flexion de l'extrémité avant du pont, pendant le lançage, n'a pas dépassé 0,53 *m* au-dessous du plan général de roulement. A l'arrivée sur chaque pile, l'avant-bec était saisi et relevé par des vérins hydrauliques de 100 *t*, de la quantité suffisante pour placer les nouveaux appareils de roulement devant permettre la continuation du hâlage.

Le dernier lançage terminé, le pont fut descendu en grand de 26 *cm* pour reposer sur les appareils d'appui définitifs.

Ponts de service.

Les montages sur ponts de service sont généralement les plus faciles, mais souvent aussi les plus coûteux ; le choix judicieux du meilleur procédé de montage demande un sérieux examen des abords et du type de l'ouvrage : profondeur et régime du fleuve, importance des plates-formes à établir, prix de revient des bois d'échafaudage, niveau du rail ou de la chaussée au-dessus de l'étiage, voie ferrée en partie droite ou courbe, nombre et importance des ouvrages à mettre en place, etc.

Il est tout indiqué, par exemple, si l'on doit franchir une vallée profonde ou bien un fleuve à régime torrentiel, ou sujet aux glaces et aux débâcles, ou encore à fond vaseux et affouillable

à de grandes profondeurs, de rechercher, dans ces divers cas, un type de travées se prêtant au lancement sans consolidations spéciales et par la simple addition d'un avant-bec léger réduisant le porte-à-faux.

Dans le cas, au contraire, où la plate-forme de montage demanderait des grands déblais ou remblais et serait impossible ou difficile à établir, comme, par exemple, aux abords d'un tunnel, d'une courbe prononcée, d'une tranchée profonde, etc., on choisira, de préférence, le montage par pont de service, surtout si le lit de la rivière et son régime y sont favorables. De même, si l'on a à mettre en place un certain nombre d'ouvrages similaires permettant l'emploi de palées démontables appuyées sur des chevalets interchangeables de différentes hauteurs.

Certains ouvrages enfin ne peuvent se monter que sur pont de service, en raison de leur forme et de leur constitution ; tels certains ponts en arc.

Dans cette catégorie, nous citerons le *Pont Morand*, à Lyon, qui présente un caractère architectural très élégant et est remarquable par son surbaissement qui atteint 1/16 pour les arches de rive.

Pont Morand.

Ce pont a été construit en 1889-1890 par MM. Schneider, à l'emplacement du pont en bois que l'architecte Morand avait édifié en 1774. Les arcs, en acier laminé, sont au nombre de huit ; ils ont une section en forme de caisson ; leur hauteur est très faible ; elle varie de 0,800 *m* à la clé à 1 *m* aux naissances ; la largeur entre parapets est de 20 *m*, comprenant une chaussée de 11 *m* et deux trottoirs de 4,500 *m*.

Les arcs reposent sur rotules aux naissances et sont continus à la clef ; les rotules ont été calées après achèvement de l'ouvrage, à une température voisine de la température moyenne, de telle sorte que les arcs se comportent, sous l'action des charges permanentes, comme articulés aux naissances, et comme encastrés, sous l'action de la température et des surcharges ; ce qui a permis de réduire au minimum les vibrations.

Pour le montage, on a construit un cintre continu reposant sur des pieux battus en rivière ; deux grues roulantes, de 15,500 *m* de portée, servaient au levage des pièces sur chaque moitié du pont ; des voies de service, à l'amont et à l'aval, alimentaient les grues. Afin de diminuer le cube des bois, on a

monté d'abord la moitié du pont amont, puis la moitié du pont aval.

Pour opérer le décintrement, on a fait reposer chaque arc sur cinq cales placées au sommet, aux reins et aux naissances, et correspondant à peu près à des palées du cintre. Le réglage terminé, on a soulevé la clé, puis les reins, au moyen de vérins, et enlevé les cales ; enfin les coins placés aux naissances ont été ruinés à la hache. La durée totale du décintrement n'a pas dépassé trois heures, et toutes ces délicates opérations se sont effectuées avec une grande ponctualité.

Mises en place par flottage.

Les procédés de mise en place par flottage sont plus rarement employés, parce qu'ils présentent certains aléas et qu'ils constituent généralement des opérations délicates. Ils rendent néanmoins de grands services dans certains cas particuliers ; par exemple, lorsque le lancement est difficile ou coûteux et que le cours d'eau ne peut être barré par un pont de service. On peut alors remplacer le lançage par le hâlage, la travée étant supportée à une extrémité par des appareils de lancement établis sur le terrain, et à l'autre extrémité par un bateau que l'on traverse à l'aide de treuils.

On peut également, pour engager le moins longtemps possible une passe navigable, supporter une travée complète sur des bateaux convenablement lestés et entretoisés, et l'amener en place d'une seule opération.

MM. Schneider ont employé ces procédés pour une partie du montage du *Pont de la Borcéa*, en Roumanie ; cet ouvrage fait partie du grand viaduc traversant les deux bras du Danube et les marécages de la Balta, sur la ligne de Bukharest à Kustendjé. L'importance de ces travaux était telle (plus de 13 000 *t* de métal à mettre en œuvre), que le Gouvernement Roumain dut en confier l'exécution à trois importants établissements : MM. Schneider, la Compagnie de Fives-Lille et la Société Cockerill.

Viaduc de la Borcéa.

Le *Viaduc de la Borcéa* a 418 *m* de longueur ; il est du type cantilever avec poutres de raccordement semi-paraboliques. Il comporte trois travées : une travée centrale de 140 *m* et deux travées de rive de 139 *m* ; les poutres ont une hauteur variable,

atteignant 33,40 *m* sur les piles; elles sont inclinées l'une vers l'autre afin de diminuer l'importance du contreventement supérieur.

Le montage s'est fait, partie par flottage (poutres semi-paraboliques des rives), et partie par pont de service (poutres cantilever). Le battage et la tenue des pieux étaient rendus fort difficiles par les crues et les glaces; aussi fallut-il prévoir de très fortes pattes d'oie formant brise-glaces. Des chariots roulants, munis de treuils à vapeur, faisaient l'élévation des pièces et soutenaient les riveuses pneumatiques.

Malgré les obstacles résultant du climat, du régime du fleuve, du manque d'ouvriers spécialistes, les délais très courts, imposés pour la mise en place, furent observés, et les Ingénieurs Roumains n'eurent qu'à se louer de l'exécution de cet ouvrage gigantesque dont la conception leur fait grand honneur.

Quand la profondeur du fleuve est très grande, ou que le lit ne se prête pas aux battages, on peut encore monter les travées directement sur pont de service appuyé sur des chalands; c'est le cas du pont Faidherbe, construit par MM. Nouguier et Kessler, au Sénégal.

Ponts du Tonkin.

MM. Schneider ont été appelés tout récemment à appliquer simultanément les divers procédés de montage que nous venons d'exposer, aux ouvrages que les « Chantiers de Chalon » construisent pour l'Annam et le Tonkin, où ils ont été déclarés adjudicataires : du pont de Hué, de 400 *m*; des quatre grands ponts de la ligne Hanoï-Langson-Porte de Chine (amorce de la ligne de pénétration à l'est, dans le Quang-Si); des cinq grands ponts des lignes Haïphong-Hanoï et Hanoï-Viétri (amorce de la ligne de pénétration au nord, dans le Yunnam).

Les difficultés à vaincre sont très grandes dans ces parages, par suite des crues rapides, importantes et de longue durée; le lit des fleuves, sablonneux et vaseux, est essentiellement affouillable et mobile; le climat anémiant; la main-d'œuvre est bon marché, mais peu productive. Ces considérations nécessitent un personnel dévoué, expérimenté, capable d'une grande initiative, afin d'appliquer, dans chaque cas particulier, les méthodes de montage les plus propices.

Procédés mixtes.

Il se peut enfin que l'on soit amené à faire usage, dans un même ouvrage, de toutes les ressources de l'art de l'Ingénieur en la matière : c'est le cas du montage du *Pont Alexandre III* qui offre l'exemple le plus complet et le plus moderne des « Procédés de montage mixtes ».

Pont Alexandre III.

Parmi les multiples manifestations du Génie humain qui donnent à l'Exposition Universelle de 1900 un intérêt si puissant, le *Pont Alexandre III* se trouve au premier rang pour fixer l'attention de tous. Les Ingénieurs y verront plus particulièrement la réalisation pratique d'une formule nouvelle de construction ; mais tous les visiteurs admireront la hardiesse de l'ouvrage et sa valeur artistique qui constituent l'un des principaux attraits de la merveilleuse perspective de la Seine.

Tout le monde sait que les plans de ce remarquable ouvrage ont été dressés par les distingués Ingénieurs MM. Résal et Alby qui, outre l'élaboration du projet d'ensemble, ont spécialement étudié la construction du pont proprement dit. La partie décorative a été confiée aux Architectes MM. Cassien-Bernard et Cousin ; quant à la *Passerelle*, qui a si fort intrigué les Parisiens pendant le montage, et au montage lui-même, le cahier des charges en laissait l'étude et l'entière responsabilité aux constructeurs.

C'est aux Chantiers de MM. Schneider, à Chalon-sur-Saône, que cette lourde tâche fut réservée ; ce sont ces Chantiers qui ont recherché les méthodes de montage les plus élégantes et les plus rapides, et en ont fait l'application. Ce travail devait être de beaucoup le plus ingrat ; en effet, si les Ingénieurs et les Architectes ont la satisfaction légitime de voir chaque jour admirer leur œuvre, les patientes recherches et les ingénieuses combinaisons, qui ont permis de résoudre les grosses difficultés du montage, sont déjà passées à l'état de souvenir ; c'est pourquoi je vais me permettre de les faire revivre quelques instants en retraçant rapidement les grandes lignes de ces intéressantes opérations.

Montage du Pont Alexandre III.

Dans la pensée des Ingénieurs qui ont élaboré le programme de l'Exposition Universelle de 1900, le pont Alexandre III devait être essentiellement un ouvrage de caractère décoratif et monumental, et, par suite, satisfaire aux multiples conditions suivantes :

1° Ne pas masquer la perspective des Invalides que la nouvelle avenue, entre les Palais des Champs-Élysées, est destinée à mettre en pleine lumière ;

2° Ne pas nuire à l'aspect si riant et si mouvementé de la Seine qui, vue du pont de la Concorde, offre un spectacle unique par le déroulement de ses ponts et de sa navigation intense ;

3° Présenter une largeur en harmonie avec celle de l'avenue de 100 *m* qui doit le desservir.

D'autre part, de grosses difficultés devaient surgir également du fait de la navigation rendue particulièrement difficile, par suite du coude que fait le fleuve, entre le pont de la Concorde et le pont des Invalides. Pour éviter la dislocation des convois, il était strictement nécessaire :

1° De n'établir aucune pile en rivière ;

2° D'avoir une passe navigable assez large pour permettre le redressement des convois avant leur entrée sous le pont des Invalides.

Un ouvrage à arche unique très surbaissée permettait seul de remplir ce programme complexe, tout en donnant, dans la plus large mesure, satisfaction à la navigation.

Le type de l'ouvrage est en arc, à trois articulations, avec viaducs de raccordement sur les bas-ports ; son surbaissement (1/17) est supérieur au surbaissement de tous les ponts en arc construits en France.

L'ossature métallique comprend quinze fermes également espacées ; les arcs sont en acier moulé et constitués par des voussoirs successifs, à l'exemple d'une voûte en pierre de taille ; les joints sont normaux à la courbe moyenne de l'arc ; les voussoirs ne doivent travailler qu'à la compression ; néanmoins, pour faciliter le montage, ils sont réunis par un certain nombre de boulons.

La superstructure est en acier laminé ; elle est composée en principe d'un quadrillage constitué par des longerons dans le sens des arcs et par des poutrelles transversalement. Dans la région des retombées, les longerons sont supportés par des montants reposant sur les arcs, par l'intermédiaire de sabots d'appui

en acier moulé ; dans la région centrale, les longerons s'appuient directement sur les arcs, ce qui a conduit à faire venir de fonderie des baguettes sur l'extrados et à les raboter soigneusement pour obtenir un portage parfait.

Les arcs franchissant le fleuve d'une seule portée, il était impossible de les soutenir à l'aide d'un pont de service continu sur pieux battus ; d'autre part, étant donnée la grande portée de 109 *m*, il eût été extrêmement coûteux et dangereux de les supporter uniquement à l'aide d'un plancher suspendu ; on a donc été amené à adopter une solution mixte consistant dans l'établissement de deux demi-ponts de service sur chaque rive (composés de pieux moisés et de cintres à la méthode ordinaire), et dans l'emploi d'un immense pont roulant destiné à soutenir les voussoirs des arcs, dans la partie médiane du fleuve, au-dessus de la passe navigable.

Deux solutions se présentaient pour l'étude du pont roulant : ou bien établir le chemin de roulement sur les files de pieux limitant la passe, auquel cas le pont roulant n'avait plus que 52 *m* de portée environ ; ou bien établir ce chemin de roulement sur les culées, auquel cas le pont de montage emboîtait le pont définitif, et devenait un important pont métallique de 120 *m* de portée. La deuxième solution, bien que plus coûteuse, a été adoptée dans la crainte que les débâcles de glace, ou les chocs d'épaves pendant les crues, n'entraînassent la rupture d'une partie des pilotis. Pour diminuer les chances d'accident de ce fait, on a battu, de chaque côté de la passe, deux files de pieux de protection terminées par une patte d'oie sur la rive gauche, et par un épi de 30 *m* sur la rive droite, où le courant projette les corps flottants, à la sortie du pont de la Concorde.

On a cherché, par raison d'économie, à n'établir le pont roulant qu'en vue du montage d'un arc à la fois ; on a dû renoncer à ce projet par suite de la difficulté d'abandonner le premier arc (même consolidé par de robustes amarrages), pour procéder au montage du second arc. La passerelle a donc été établie pour supporter deux arcs en montage à la fois.

Passerelle de montage.

Cette *Passerelle* se compose de deux poutres droites à treillis, de 120 *m* de longueur, 7,50 *m* de hauteur et 5,70 *m* d'écartement ; la section des membrures est à simple T ; le treillis est à double maille ; les montants verticaux ont un espacement égal à la pro-

jection horizontale d'un voussoir, soit 3,525 *m* ; ces montants verticaux sont reliés par une série de cadres supportant les chemins de roulement et, dans la partie centrale, les tiges de suspension du plancher.

L'action du vent ayant une grande importance, le contreventement a été complété par une poutre horizontale reliant les montants à mi-hauteur.

Afin de soulager le pont pendant le montage des arcs et diminuer les vibrations gênantes pour le réglage des voussoirs, on a créé des appuis intermédiaires, en utilisant les files extrêmes de pieux des cintres de rive. Ces deux files ont été renforcées à cet effet ; les appareils d'appui sont reçus par de forts chevêtres posés sur les pylônes métalliques reportant les charges sur les pieux et les entretoisant.

Sur les rives, les appuis du pont sont reçus par un chevêtre à âme triple, supporté par une pyramide dont la base constitue un chariot roulant à dix galets ; la hauteur des pyramides est de 5,85 *m* ; la largeur de la voie est de 4 *m*.

Le pont roulant se comporte différemment pendant son déplacement et pendant le montage : dans le premier cas, il a 120 *m* de portée, et est calculé pour se supporter lui-même avec la surcharge due au plancher suspendu et apparaux de montage : dans le deuxième cas, il est assimilable à un pont à trois travées. Les appuis sur pylônes sont tenus légèrement plus bas que les appuis sur chevalets, afin d'éviter le soulèvement aux extrémités qui se produirait sous la charge des voussoirs.

On avait songé tout d'abord à mettre la passerelle en place d'une seule opération, par flottage ; mais, par suite de ses grandes dimensions, surtout en hauteur (17 *m* au-dessus du niveau de la Seine), on a renoncé à ce procédé pour en revenir au lancement. De ce côté encore, on a eu à faire face à de sérieuses difficultés, car on ne disposait pas, sur les berges, d'un emplacement assez vaste pour monter le pont en entier, ni même d'une plate-forme assez longue pour permettre de monter un tronçon suffisant pour franchir, en une fois, la passe de 53 *m*.

On a dû effectuer l'opération du lançage en trois phases : la première amenant l'avant-bec léger de 15 *m* de longueur au milieu de la passe navigable ; la seconde mettant en prise les poutres sur le pylône rive gauche ; la troisième conduisant la passerelle sur son second chevalet de roulement. Chacune de ces opérations s'est effectuée sans le moindre incident, dans l'espace

d'une demi-journée. Les mouvements du pont ont été obtenus au moyen de deux treuils, agissant sur deux palans attachés à la palée de rive droite ; les appareils de roulement étaient à balancier et comportaient deux ou quatre galets, selon l'importance des charges à transmettre aux échafaudages.

Montage des arcs.

Chaque arc est monté en commençant à la fois par les deux extrémités, en sorte que les deux arcs en montage constituent quatre chantiers, qui se rejoignent à la clé.

Deux puissantes grues à vapeur prennent les voussoirs aux lieux de dépôt, sur les berges, et les chargent sur des wagonnets qui les amènent sous le pont de service, où ils sont repris par de forts treuils à vapeur. Ces treuils sont combinés pour produire deux mouvements à l'aide de câbles : un d'ascension et un de translation ; le pont roulant est muni de voies à cet effet ; sur ces voies circulent les chariots qui supportent les voussoirs pour les déposer à leur emplacement définitif ; il y a autant de chariots que de chantiers de montage, soit deux chariots pour le service de chaque arc ; il en résulte que chacun d'eux doit assurer le montage d'environ 55 *m* courants d'arc ; sur cette grande longueur, un guidage sérieux s'imposait, tant pour la chaîne de translation que pour le câble de levage : la première, formant chaîne sans fin, circule dans une gouttière en tôle mince ; le second est supporté par des galets qui ont une forme spéciale, afin de leur permettre de livrer passage aux chariots ; ces galets sont sciés dans leur plan vertical médian, de telle sorte que leurs deux joues peuvent s'écarter ou se rapprocher à volonté ; le centrage est toujours assuré par un téton venu dans la partie mâle. Le mouvement de séparation est produit automatiquement par les chariots, munis de fuseaux déterminant l'écartement des joues pendant la durée de leur passage ; deux contrepoids ramènent ensuite ces joues en contact.

Les voussoirs sont déposés sur le plancher suspendu, dans la partie centrale, et sur les cintres des ponts de service, du côté des berges. On les descend d'abord, à l'aide des freins des treuils à vapeur, sur des cales en chêne destinées à obtenir une première position approximative. Le réglage définitif s'obtient à l'aide de plaques métalliques reposant sur les cales en chêne.

Il fallait éviter avec soin les coups de masse, car le plancher

suspendu ne pouvait supporter d'effets brusques, et proscrire l'emploi des crics, le platelage ne pouvant recevoir leur poussée. Pour satisfaire à ces exigences, on a dû créer un type de palonnier, permettant de régler à l'avance l'orientation des voussoirs dans le plan vertical, suivant la position qu'ils occupent dans l'arc ; le voussoir est suspendu à l'aide de quatre griffes, reliées entre elles deux à deux, dans le sens transversal au voussoir, par de petites entretoises soutenues elles-mêmes par un longeron. Le point d'attache du câble, par rapport à l'axe transversal de ce longeron, est rendu variable par suite d'un dispositif à vis, de telle façon qu'on peut à volonté faire varier la position du centre de gravité du voussoir par rapport à la suspension et par suite son inclinaison. L'angle est indiqué chaque fois par le chef monteur, à l'aide de son tableau d'ordonnées et d'abscisses.

Ce même tableau suffit pour le réglage général vertical avant décintrement, en opérant de la façon suivante : deux voyants, tracés à chaque extrémité du pont roulant, déterminent le plan horizontal de comparaison, auquel on rapporte les hauteurs des nivelettes posées sur les quatre angles de chaque voussoir. Les petits mouvements, nécessaires aux dernières corrections de niveau, s'obtiennent en soulevant légèrement les voussoirs à l'aide de pinces et en intercalant des petites cales en fer entre les voussoirs et la plaque métallique supérieure. Pour permettre également de petits déplacements latéraux, la plaque métallique inférieure est percée de trous servant à opérer des ripages successifs et obtenir l'emplacement rigoureux.

Le réglage d'écartement, dans le sens horizontal, est vérifié, à chaque instant, à l'aide de règles métalliques graduées ou jauges qu'on intercale entre les voussoirs de l'arc en montage et ceux de l'arc précédemment monté.

Le point capital du réglage des arcs, dans leur sens transversal, résidait dans la pose et l'orientation des pièces de retombée ; car chaque demi-arc ayant été présenté sur une épure, en usine, le point de départ bien établi, le réglage se faisait de lui-même, en direction, sur toute sa longueur. La mise en place délicate des sabots de retombée était faite personnellement par le chef monteur, à l'aide d'une équerre spéciale, dont un des côtés donnait la direction de la ligne de base et l'autre celle de l'axe des rotules.

Chaque voussoir était assemblé avec son voisin par dix boulons de 36 *mm* de diamètre.

Lorsque tous les voussoirs sont réunis les uns aux autres, il reste à effectuer le décintrement; cette opération nécessite un nouveau réglage d'ensemble de tout l'arc, car la température a une influence très sensible sur la variation de hauteur à la clef, ce qui oblige à ramener le réglage de tous les arcs à une température moyenne, prise comme base des opérations.

Pour permettre les corrections de température ou les imperfections d'usinage, on a prévu à la clé deux joints de réglage dont on fait varier l'importance en y interposant des feuilles de tôle d'épaisseur convenable.

Les voussoirs des deux arcs d'un même groupe étant parfaitement assemblés et réglés, on les relie fortement entre eux horizontalement et verticalement par un contreventement provisoire, composé de pièces de bois travaillant à la compression et de tendeurs en acier maintenant l'écartement, puis on procède à la pose des rotules et au décalage.

Il a fallu prendre les précautions les plus minutieuses durant ces opérations, afin de s'assurer qu'aucun des vérins ne travaillait plus que son voisin, ce qui eût pu amener une rupture des tiges de suspension. Afin de permettre au chef de chantier qui dirige la manœuvre, de se rendre compte, à tout moment, du travail de chacun de ses appareils de levage, les Chantiers de Chalon ont étudié un type spécial de vérins indicateurs à vis et à ressorts. Ces vérins se composent d'une enveloppe cylindrique en tôle reposant, par l'intermédiaire de deux traverses rivées à l'enveloppe, sur les longerons métalliques du plancher suspendu. L'action des charges, agissant sur la tête des vérins, se transmet, par l'intermédiaire d'une tige filetée et d'un écrou, à une série de rondelles Belleville reposant sur le fond de l'enveloppe A chaque variation de poids correspond une compression des rondelles, ce qui a permis de graduer les tiges de deux en deux tonnes jusqu'à 16 *t*. Ces ressorts ont le grand avantage de rendre très douce et très uniforme l'action des charges.

Pour effectuer le décalage, on commence par mettre tous les vérins en prise, en agissant simultanément sur tous les appareils et en augmentant l'effort d'une demi-tonne à chaque reprise. Lorsque les deux arcs sont soulevés d'une quantité suffisante pour dégager tous les chantiers en chêne, coins, cales en fer, etc., on introduit les rotules dans leurs logements et les arcs se trouvent définitivement constitués. On moule alors les vérins avec les mêmes précautions que pour leur mise en charge. On a

soin de tenir constamment les niveaux des deux rotules en comparaison à l'aide d'un niveau d'eau.

Aussitôt le décintrement terminé, on commence à poser les entretoisements et les longerons en acier laminé, en même temps que l'on démonte et transporte les chevalets sur pylône ayant servi d'appui au pont roulant, pendant le montage du groupe d'arcs, pour les remonter dans la position correspondante au groupe suivant.

Les cintres sur rives sont ripés très simplement, grâce à l'interposition de semelles en chêne entre les pieux et les échafaudages mobiles.

La durée totale du montage d'un groupe de deux arcs, compris toutes les manœuvres préparatoires ou accessoires, a été de vingt jours.

Toutes ces opérations se sont faites avec une régularité parfaite et dans le plus grand calme, sans le moindre incident. Grâce à ces efforts et à cette méthode, M. Schneider a eu la satisfaction, le jour de l'inauguration de l'Exposition par M. le Président de la République, de se trouver en tête des industriels qui, selon la parole de M. le Ministre du Commerce, ont permis à la France de tenir ses engagements vis-à-vis des nations.

MONTAGE DES CHARPENTES

De l'historique des Chantiers de Chalon-sur-Saône, il ressort que le développement des constructions des grandes *charpentes métalliques* a toujours marché, dans ces ateliers, parallèlement à celui des ponts, et que, tout en se spécialisant dans les charpentes industrielles, ils ont abordé des premiers, avec succès, les halles à grande portée; telles que la gare d'Orléans, la Galerie des Machines à l'exposition Universelle de 1878, la Station Centrale de Santiago du Chili, etc...

Les procédés de montage des grandes charpentes, tout en présentant un peu moins de variété que ceux des ponts, sont néanmoins d'un grand intérêt, et il nous faudrait élargir de beaucoup le cadre de cette conférence pour entrer dans leurs détails. Ne voulant pas abuser de votre bienveillante attention, je me bornerai à vous entretenir sommairement du montage du Pavillon de MM. Schneider, qui représente un type d'outillage très moderne et très perfectionné.

Montage du Pavillon Schneider.

L'emplacement concédé pour la construction de cet immense dôme, de 43 *m* de diamètre et 39 *m* de hauteur, était très défavorable par la différence de niveau entre les entrées côté Seine et côté Quai d'Orsay, et par le passage de la tranchée du chemin de fer des Moulineaux, qui a nécessité la pose d'un plancher très robuste.

Les fermes, au nombre de douze, sont du système dit « à triple articulation », ce qui permet de déterminer rigoureusement les valeurs des poussées qui passent toujours par les articulations de retombée et de clef. Cela avait une grande importance, le Pavillon reposant, d'une part, sur des murs de fondations fraîchement établis et assez élevés, et de l'autre, sur un plancher métallique soumis aux dilatations, ainsi qu'aux vibrations et ébranlements résultant du passage des trains.

Pour réaliser pratiquement les conditions théoriques qu'on s'imposait, on a dû renoncer à l'appui classique du sommet des fermes sur une couronne ou cerce de faîtage; ces fermes présentent la particularité remarquable que l'articulation de faîtage est obtenue, de la façon la plus absolue, grâce à l'emploi d'une sphère sur laquelle elles convergent et prennent toutes appui.

En projection horizontale, les fermes étant au nombre de douze, l'articulation du sommet représente, théoriquement, l'intersection de douze rotules de même diamètre et concentriques; ce qui amène, pratiquement, à les remplacer par une boule.

Ce système a l'avantage d'aider à la répartition rapide des charges; au cas où certaines fermes soient plus chargées que d'autres, l'effet qui en résulte se traduit par un déplacement de l'articulation du faîtage, déplacement qui se trouve atténué par l'intervention des fermes les moins chargées, puisque tout l'ensemble est forcé d'avoir un même mouvement au sommet.

L'épaisseur du portage des fermes sur la sphère centrale se compose de l'âme de ces fermes et de deux fourures en tôle portant, au total, la largeur de la surface d'appui à 25 *mm*.

Les pannes sont espacées de 3 *m*, et dirigées suivant le rayon de la courbe moyenne des fermes; cette disposition était nécessaire pour rendre facile l'installation de la double couverture; cela nous a conduit à donner aux pannes une section en double

⊥ à ailes inégales, résistant ainsi rationnellement aux composantes des poids normales, et tangentielles aux fermes.

Les fermes ont été calculées dans les trois hypothèses suivantes :

Charges permanentes et surcharges générales;
Charges permanentes et surcharges sur demi-fermes seulement;
Charges permanentes et pression du vent d'un seul côté.

Les circonstances dans lesquelles le Pavillon a été édifié ont nécessite l'emploi d'un outillage puissant, permettant une grande rapidité de montage ; l'assemblage du gros œuvre n'a duré que 35 jours, la première pièce ayant été levée le 15 février, et le 20 mars, les fermes abandonnées à elles-mêmes.

On a monté les fermes les unes après les autres, en plaçant à la fois les deux demi-fermes qui se faisaient équilibre ; on a dû constituer une plate-forme générale de manœuvre et de roulement, composée du plancher métallique sur la tranchée des Moulineaux, et d'un plancher provisoire, avec échafaudage en bois, sur la berge de la Seine.

L'outillage comprenait dans ses grandes lignes :

1° Un pylône central fixe ;

2° Deux échafaudages roulants servant d'appui aux fermes en montage ;

3° Deux ponts roulants supportant les échafaudages de levage ;

4° Un treuil double à vapeur, avec tout un mécanisme de levage et de translation.

Le pylône central, composé de huit montants en bois ronds de 0,25 *m* de diamètre, servait au réglage de toute la construction, et au calage provisoire de l'articulation de faîtage.

Les deux échafaudages de support étaient diamétralement opposés, et placés sous les secteurs formés par les demi-fermes déjà montées, et sous les demi-fermes en montage ; ils offraient, sur leur hauteur, plusieurs planchers formant redans et suivant l'intrados des fermes ; le plancher supérieur était à 23,50 *m* au-dessus du pied de ces fermes ; chacun de ces échafaudages était supporté par quatre galets, se déplaçant sur deux rails concentriques, de 7 *m* et 17,50 *m* de rayon.

Chaque pont roulant de montage comportait un plancher horizontal supérieur, soutenu par deux poutres armées recevant les chemins de roulement des chariots de levage ; ces poutres armées

s'appuyaient, à une extrémité, sur le pylône central, et, à l'autre, sur un grand chevalet vertical mobile, sur rails espacés de deux mètres; le roulement sur le pylône central se faisait à l'aide de deux galets mobiles, sur rails concentriques, de 0,44 *m* et 3,44 *m* de rayon.

L'emplacement concédé pour le Pavillon n'a pas permis d'englober les fermes par les ponts roulants, et par suite, de faire les levages directement au-dessus des secteurs en montage ; on a dû recourir à l'emploi de petits chariots de levage se déplaçant sur les grands chariots de montage, mobiles eux-mêmes sur les ponts roulants.

Les tronçons de charpente à mettre en place sont ainsi élevés en porte-à-faux, et peuvent avoir trois mouvements :

1° Un mouvement vertical d'ascension;

2° Un mouvement de translation, dans le sens du rayon du bâtiment, et produit par le déplacement du grand chariot;

3° Un mouvement de translation perpendiculaire au précédent, et produit par le déplacement du petit chariot sur le grand.

En vue de la sûreté des manœuvres, on s'est imposé la condition d'exécuter tous les mouvements, d'en bas, à l'aide d'un treuil à vapeur unique posé sur le plancher, au niveau du pied des fermes. De cette façon, le chef monteur a tous ses hommes sous la main, et l'on écarte les dangers inséparables des travaux exécutés à de semblables hauteurs. Les seuls ouvriers, indispensables dans les parties supérieures des échafaudages, sont ceux chargés de l'assemblage des tronçons du bâtiment.

Le treuil se compose de deux tambours, sur lesquels s'enroulent les câbles de levage, et de deux roues à empreintes dans lesquelles s'engagent les chaînes de translation. On peut, à l'aide d'un système d'embrayage, faire tourner ces quatre organes ensemble ou séparément. Chaque moitié du treuil comprenant un tambour et une roue à empreintes, dessert un chantier de levage, c'est-à-dire un des deux ponts roulants avec tous ses mécanismes.

Le câble de levage, à sa sortie du tambour du treuil, passe sur une poulie pivotante suivant l'enroulement; puis, sur un circuit compliqué de poulies de renvoi, afin de ne pas gêner les mouvements des chariots.

Les chaînes sans fin, commandant le mouvement de translation des grands chariots, passent, en sortant des roues à empreintes du treuil, dans une série de guides, et font mouvoir

un système de deux arbres verticaux concentriques au sommet du pylône. Chacun de ces arbres commande, à son tour, une chaîne sans fin attachée aux extrémités de chaque grand chariot correspondant. Enfin, la translation des petits chariots de levage se fait à bras d'homme, au moyen également de roues à empreintes et de chaînes tombantes.

Quant aux déplacements des échafaudages de support et des ponts roulants, ils se font très simplement, en agissant, à l'aide de pinces, sous les galets de roulement.

Le point le plus délicat de ce type de construction est le réglage et le décalage des fermes. En temps normal, pour un montage moins précipité, on eût réglé l'empannage après que la déformation des fermes se fût produite, pour être certain de rester dans les conditions théoriques admises. A cause de la rapidité apportée dans ce travail, on a été forcé de placer les pièces des secteurs de fermeture, et de régler l'empannage, avant la mise en place du campanile, et lorsque la pose de la double couverture était déjà commencée.

Il était donc important de connaître, en vue des mesures à prendre pour le montage, quelles étaient les déformations des fermes produites par les diverses charges qu'elles supportent; les déformations, dues aux moments de flexion, ont été calculées rigoureusement, en tenant compte de la variation de section des fermes des retombées, au faîtage.

On a assuré la fixité de l'articulation au sommet, jusqu'à ce que la dernière ferme fût montée, pour les raisons suivantes :

1° Les fermes construites sur même gabarit, aux ateliers, devaient retrouver, en montage, les mêmes dimensions de corde et de flèche;

2° Sous le poids des métaux, le sommet d'une ferme livrée à elle-même, s'abaisse de 5 *mm*, et l'on doit réagir, de bas en haut, par un effort de 650 *kg*, pour s'opposer à cet abaissement. Cela produit, pour les douze fermes, une charge de 7 800 *kg* à l'axe du pylône central.

Les variations d'abscisses des demi-fermes sont les plus fortes aux reins; la double couverture aplatit les fermes, tandis que le campanile produit un renflement plus fort.

Lorsque l'on a placé les pièces des secteurs de fermeture, on a lâché légèrement les boulons des pannes, dont les trous d'assemblage étaient ovalisés, et ceci principalement vers les reins, afin de permettre aux fermes de se déformer librement pendant le

décalage de la sphère centrale, et de se placer ainsi, d'elles-mêmes, dans les conditions rigoureuses des calculs.

On peut se rendre compte, par l'exposé sommaire que nous venons de faire des multiples conditions à remplir, qu'une étude laborieuse était nécessaire pour accomplir le programme de tout bon montage : Sécurité, rapidité, économie.

Si la dernière de ces conditions n'a pu être complètement réalisée, par suite des lourdes charges des temps d'Exposition, on a du moins satisfait aux deux autres, et rendu ainsi possible, malgré les retards dus à de douloureux événements, l'ouverture de l'Exposition particulière de la première Usine de France, attendue impatiemment par tout le monde industriel.

Permettez-moi, en terminant. de citer, parmi tant de Collaborateurs dévoués, les noms de nos chef et sous-chef d'Études des Ponts et Charpentes, MM. Rochebois et Laferté, qui ont le plus contribué à l'exécution, sous ma direction, des derniers grands ouvrages que nous venons de passer en revue. Ajoutons enfin que c'est l'énergie, le sang-froid et l'intelligence des deux monteurs, les frères Camus, qui ont permis de mener à bien, avec une précision remarquable, la construction du Pont Alexandre III et de cette Coupole que M. Schneider a gracieusement offerte à nos réunions.

PROGRÈS RÉALISÉS

DANS LA

FABRICATION DES BLINDAGES

DEPUIS 1889

PAR

M. E. DELMAS

I. — Comment on apprécie la valeur au tir d'une plaque de blindage.

Avant de montrer quels ont été les progrès réalisés dans ces dernières années par l'industrie des blindages, il importe de dire tout d'abord comment on mesure la valeur d'une plaque de cuirasse au point de vue de sa résistance à la perforation.

Pour cette mesure on fait usage d'une formule-étalon déterminée antérieurement par des expériences directes; cette formule, relative à un métal défini, dans des conditions d'attaque précises, avec des projectiles connus, lie approximativement la résistance du blindage à la force vive du projectile dans le cas particulier de la perforation stricte; elle exprime, pour ce cas seulement, la vitesse en fonction de l'épaisseur de la plaque et en fonction du poids et du calibre du projectile d'attaque.

Si un blindage a résisté à un projectile de calibre, de poids, de nature déterminés lancé à une certaine vitesse, la valeur de ce blindage peut être caractérisée par le rapport de cette vitesse du tir d'attaque à la vitesse qui perforerait juste suivant la formule admise la même épaisseur du métal-étalon.

Elle peut être caractérisée aussi, non plus par le rapport de ces vitesses, mais par le rapport des forces vives correspondantes.

Il existe une troisième caractéristique qui, comme les précédentes, est usitée dans les publications qui ont trait à la question des blindages; c'est le rapport, à l'épaisseur du blindage éprouvé,

de l'épaisseur du métal-type qui serait perforée juste pour la vitesse à laquelle le blindage considéré a résisté.

En somme, il existe trois caractéristiques principales pouvant être employées indifféremment pour l'appréciation de la qualité d'une plaque de cuirasse, savoir : un rapport de vitesses, un rapport de forces vives, un rapport d'épaisseurs.

Il convenait de les citer, non seulement parce qu'elles sont toutes les trois employées, mais aussi parce qu'elles sont en quelque sorte les formes tangibles des points de vue différents auxquels on peut se placer dans cette question des blindages.

Pour plus d'explications, il faut remarquer que tout perfectionnement dans la fabrication des blindages au point de vue de leur résistance à la perforation, correspondant à une augmentation de la caractéristique des forces vives met, immédiatement, en question l'opportunité de deux nouvelles modifications corrélatives; l'une du ressort de l'artillerie, qui doit dès lors rechercher quelle doit être l'augmentation de la vitesse des projectiles des calibres existants pour compenser l'amélioration des blindages; l'autre, du ressort des constructions navales dont les Ingénieurs doivent se préoccuper de la diminution du poids de la cuirasse tout en conservant à celle-ci la même valeur défensive.

Cet enchaînement fait attribuer aux blindeurs la caractéristique relative aux forces vives, aux artilleurs la caractéristique basée sur la considération des vitesses, aux Ingénieurs des constructions navales la troisième caractéristique, celle des épaisseurs. Il montre bien la liaison intime qui existe entre les progrès de la métallurgie, ceux de l'artillerie, et ceux de l'art des constructions navales.

S'il ne s'agissait que de classer les blindages, la mesure la plus sensible rendant ce classement plus facile et plus précis, il faudrait adopter uniquement comme caractéristique celle qui procède de la considération des forces vives.

La caractéristique relative aux vitesses est, au contraire, celle qui a la plus petite valeur numérique; son emploi a prévalu dans ces dernières années.

Ces quelques définitions données, il est facile d'aborder maintenant la question des progrès réalisés dans la fabrication des blindages.

II. — Progrès des blindages au point de vue de leur résistance à la perforation.

Dans les rapports suivants, a été prise pour unité la vitesse de perforation stricte de l'acier, vitesse de perforation calculée suivant la formule du colonel Jacob de Marre. La marine française a demandé aux blindages de résister à une vitesse égale :

à 1,18 en 1894;
à 1,20 en 1897;
à 1,30 en 1898.

et beaucoup de ces blindages résistent d'ailleurs actuellement à une vitesse comprise entre 1,40 et 1,50 fois celle de la perforation stricte calculée comme il vient d'être dit.

Ces chiffres, quoique éloquents en eux-mêmes, ne suffisent pas pour bien faire apprécier toute l'importance des progrès réalisés depuis dix ans.

En effet, jusqu'en 1894, la vitesse de perforation stricte était calculée à l'aide de la formule de la Commission de Gavre relative au fer; c'est cette formule qui figurait dans les marchés de la marine française.

Depuis, la formule du colonel d'artillerie de marine Jacob de Marre est la seule usitée dans les marchés; elle donne la perforation stricte des blindages en acier et elle a été établie par son auteur à la suite de tirs exécutés avec des projectiles en acier sur les plaques en acier homogène livrées par les usines de MM. Schneider et Cie pour la recette des projectiles. Il est résulté, de cette substitution d'une formule à l'autre, une aggravation notable des conditions de tir augmentées d'ailleurs d'autre part par la progression successive des coefficients : 1,18, 1,20, 1,30. Rappelons, en outre que, dans la marine française, le calibre du canon d'attaque est proportionné à l'épaisseur de la plaque de sorte qu'un blindage est attaqué par un projectile de calibre sensiblement égal à son épaisseur.

Pour montrer les accroissements réels de la valeur de la vitesse de tir à laquelle les plaques ont dû successivement résister pour être reçues aux conditions de prix normal fixées par les marchés, il faut prendre pour unité de mesure la vitesse d'attaque en 1889.

Avec cette unité, on voit que, pour les blindages attaqués au canon de 16 *cm*, la vitesse est :

1,12 en 1893;
1,27 en 1894;
1,30 en 1897;
1,40 en 1898;

2° Que pour les plaques attaquées au canon de 24, la vitesse est :

1,12 en 1893;
1,40 en 1894:
1,43 en 1897;
1,55 en 1898;

3° Enfin que pour les plaques attaquées au canon de 32, la vitesse imposée est :

1,12 en 1893;
1,51 en 1894;
1,56 en 1897;
1,66 en 1898.

Ainsi, de ces chiffres, il résulte, par exemple, que de deux plaques de même épaisseur attaquées au canon de 24 *cm*, l'une fabriquée en 1889, l'autre de fabrication récente, la dernière résiste à une vitesse d'attaque supérieure de 55 0/0 à la vitesse d'attaque de la première. A dire juste, le nouveau blindage résiste à plus encore comme le prouvent les tirs de prime et les tirs supplémentaires auxquels la Commission de Gavre soumet les blindages qui lui sont livrés par l'industrie française.

Pour appuyer encore davantage sur cette question, il convient d'ajouter aux nombres relatifs qui précèdent quelques valeurs absolues. Ainsi, par exemple, pour un blindage de 24 *cm* d'épaisseur attaqué au canon de 240 *mm* lançant un projectile en acier chromé, pesant 144 *kg*, la vitesse d'attaque dans le tir officiel de recette (abstraction faite de la part de vitesse afférente au matelas ou bordé sur lequel la plaque est montée) est :

381 *m* en 1889;
427 *m* en 1893;
533 *m* en 1894;
545 *m* en 1897;
591 *m* en 1898;

et actuellement, si le blindage est primé, comme il arrive parfois, il résiste à une vitesse au moins égale à 632 *m*.

Ainsi de 1889 à 1900, pour la plaque dont il s'agit, le rapport des forces vives a dû s'élever jusqu'à 2,40;

Il a atteint et dépassé 2,75, c'est-à-dire qu'il a plus que doublé, il a été presque triplé.

Dans ces dix dernières années et toujours pour la plaque de 24 *cm* d'épaisseur prise comme exemple, le rapport des épaisseurs s'est élevé jusqu'au nombre 1,87 ; il a atteint et dépassé 2,06. Ainsi un blindage actuel de 128 *mm* d'épaisseur équivaut à un blindage épais de 240 *mm* fabriqué avant 1893.

Certes, ces nombres montrent combien les progrès ont été rapides, mais toute l'importance de ces progrès ne peut être mise entièrement en relief que par l'adjonction à ce qui précède de quelques mots relatifs aux projectiles employés pour l'attaque; il y a dix ans et moins, ces projectiles étaient en fonte dure, aujourd'hui ils sont en acier chromé et proviennent de lots reçus par le tir.

III. — **Comment ces progrès ont été réalisés.**

Le point de départ de tous les progrès réalisés dans la fabrication des blindages dans ces dix dernières années a été, en principe, la fabrication des aciers spéciaux, et pratiquement l'invention des plaques de blindages en acier au nickel, qui est due uniquement à l'initiative résolue et à l'intuition clairvoyante de M. Henri Schneider.

Cette invention, par ses résultats immédiats, tout autant que par ses applications successives, a été une réelle révolution dans l'industrie des blindages. Le progrès qu'elle a réalisé est égal sinon supérieur à celui obtenu par la plaque toute en acier qui fut créée par M. E. Schneider et qui, en 1876, fit abandonner les plaques en fer uniquement employées jusque-là pour le cuirassement des navires de guerre.

C'est en 1889 que fut lancée dans les usines de MM. Schneider et C[ie] la fabrication des plaques en acier-nickel pour le croiseur français le *Dupuy-de-Lôme*; c'est en 1890 que les essais de compétition exécutés à Annapolis (États-Unis) révélèrent pour la première fois, dans des essais officiels, la valeur de l'acier-nickel en classant au premier rang la plaque fabriquée avec ce nouveau métal.

Dans notre exposition indiquant à grands traits une partie de l'historique des blindages, on a remarqué une plaque en acier au nickel, plaque sœur de celle essayée à Annapolis. On se rend compte en considérant cette plaque, qui ne présente aucune fente, malgré les fortes pénétrations des projectiles d'attaque, combien grande est la non-fissilité du métal.

Depuis lors, quels qu'aient été les progrès réalisés par les plaques de cuirasse, l'acier employé est toujours à base de nickel et ce fait, plus que toute autre considération, prouve indiscutablement le mérite de l'invention de l'acier-nickel pour métal à blindages.

En 1891-92, l'usine de Saint-Chamond allie le chrome au nickel dans ses blindages ; ce fut une application heureuse de l'acier à base de nickel.

Puis la cémentation imaginée par les Américains vint accroître notablement la résistance des blindages et ce procédé se répandit en France vers 1893-94. D'ailleurs en 1893, après de longues recherches sur le meilleur mode opératoire et sur les circonstances les plus favorables pour une bonne fabrication, M. Schneider fait breveter un procédé de cémentation des blindages par le gaz d'éclairage ou tout autre gaz hydrocarboné. Ce procédé a été toujours et est encore le seul usité dans les usines du Creusot; par lui, la cémentation des plaques de cuirasse est devenue d'une précision absolue grâce à la possibilité de régler l'action cémentante en faisant varier et le passage du gaz et les températures.

En 1893, les blindages du cuirassé russe le *Trois-Saints* furent fabriqués en métal cémenté et la plaque du tir officiel de recette de cette fourniture figure à l'Exposition dans le pavillon de MM. Schneider. C'est en 1894 que furent commencées par la marine française les livraisons de blindages cémentés (Tourelles du *Bouvet*, tourelles du d'*Entrecasteaux*).

La cémentation a pris une place sans cesse plus importante dans les fabrications et c'est ainsi que, sur le tonnage des plaques expédiées l'année dernière par les usines de MM. Schneider, la part du métal cémenté s'élève à 60 0/0.

Depuis l'apparition du métal au nickel et de la cémentation, les blindeurs français, soucieux d'améliorer chaque jour leurs fabrications, ont successivement modifié la nuance et la composition du métal, les circonstances de détail, les modes opératoires de durcissement par la trempe; et leurs fournitures ont pu

remplir et dépasser facilement les conditions sans cesse croissantes des épreuves de recette imposées par les cahiers des charges de la marine française.

Les premières pages de cette note montrent avec quelle rapidité se sont accrues en France ces conditions de recette par le tir.

Une visite autour des expositions particulières des différentes usines métallurgiques françaises permet de constater la grande valeur de leurs blindages.

Dans notre exposition figurent des plaques dites en acier spécial n° 3. Elles sont douées d'une grande résistance à la pénétration, mais leur grande particularité est leur absolue non-fragilité. Ainsi la plaque de 256 *mm* en acier spécial cémenté n° 3 a reçu sans se fendre cinq coups de canon dans une surface de 1,5 m^2, savoir : un coup de canon de 24 *cm*, deux coups de canon de 19 *cm* et deux projectiles de 16 *cm* coiffés, la vitesse de ces coups étant au moins supérieure de 40 0/0 à la vitesse de perforation stricte de l'acier.

IV. — Mode d'action des projectiles.

Acier au nickel ou acier spécial et cémentation de la face d'impact, telles sont les deux inventions qui ont élevé d'une façon si inattendue la résistance des blindages à la perforation.

Pour jeter un jour plus complet sur cette question des cuirasses, il peut être intéressant de décrire le *mode d'action des projectiles.*

Sur les blindages en fer, le projectile en fonte dure dépense sa force vive en faisant refluer en avant le métal de la face d'impact, traversant le métal intérieur, puis refoulant et étirant le métal de la face d'application, tout en mettant en jeu les forces élastiques du métal de la plaque. Le projectile reste entier après avoir fait son empreinte. Dans ce cas, le blindage use progressivement la force vive du projectile.

Sur le blindage tout acier ou sur la plaque compound, le projectile en fonte se brise, le fût vole en éclats, l'ogive reste logée dans l'impact. Le blindage se soustrait alors à une partie de l'action du projectile en le brisant, car les éclats qui se dispersent éparpillent la force vive qui anime ce projectile.

Cet avantage présenté par la plaque tout acier n'a pas duré quand, au projectile en fonte, on a substitué l'obus de rupture en acier ; celui-ci oblige le blindage à absorber toute sa force vive au lieu de l'éparpiller, car il se comporte sur la plaque tout acier comme le projectile en fonte sur la plaque en fer.

Le blindage en acier au nickel oppose au projectile en acier un appoint de résistance sensible, car son métal est susceptible de s'allonger à l'arrière de l'empreinte très notablement ; ce grand bossage que le projectile peut déterminer à l'arrière de la plaque oppose à son passage un frein très puissant.

Enfin, sur le blindage cémenté, le projectile en acier chromé se brise tout comme le projectile en fonte se brisait sur la plaque tout acier. Mais l'artillerie de la marine française a, la première, rendu pratique l'obus coiffé. De nouveau, le projectile traverse la plaque sans se briser et le blindage est obligé, encore une fois de plus, à absorber toute la force vive du projectile. La coiffe favorise le passage du projectile de plusieurs manières; il est même difficile de préciser l'importance de chacune d'elles.

La coiffe peut briser la couche cémentée, dénuder au point d'impact la plaque et permettre à la pointe de l'ogive d'atteindre le métal moins dur qui se trouve sous la couche cémentée. La coiffe, dans laquelle le projectile se meut aux premiers instants du choc, peut diminuer, en quelque sorte, l'instantanéité de ce choc et mettre ainsi en jeu avec moins de violence les forces vives d'inertie qui tendent à rompre le fût de l'obus quand sa pointe arrive au contact de la plaque.

La coiffe, poussée en avant dans l'empreinte par le projectile, peut empêcher les éclats de la couche cémentée entraînés également de taillader l'ogive de l'obus et, par là elle peut lui faciliter son mouvement en avant. Elle lui sert en quelque sorte de lubrifiant.

Quel que soit le mode d'action de la coiffe, il n'en est pas moins vrai que le blindage cémenté ne peut plus se soustraire à l'action du projectile. Il ne faut pas croire pour cela que la coiffe détruit en entier l'effet de la cémentation. Elle n'en détruit qu'une partie et cette partie n'est importante que lorsque le calibre du projectile est notablement plus grand que l'épaisseur du blindage éprouvé.

Ceci n'est qu'un côté de l'historique de la lutte entre la cuirasse et le canon. Si on voulait envisager cet historique dans son ensemble, il faudrait dire aussi comment ont été augmentés les calibres et les longueurs d'âme des canons et comment les vitesses initiales de ces canons se sont successivement accrues quand les épaisseurs des blindages ont augmenté ou que le métal des plaques est devenu plus résistant.

V. — Puissance de l'outillage employé dans la fabrication des blindages.

Tous ces progrès réalisés dans les cuirassements n'ont pas dépendu seulement des progrès techniques de la fabrication de l'acier, ils ont été la conséquence des progrès réalisés dans l'outillage des usines métallurgiques. Pour la coulée des gros lingots que nécessitaient les blindages (et aussi les éléments des canons de gros calibres) il a fallu construire des fours Martin d'une capacité de 30, 40 *t* et plus, les grouper pour obtenir des lingots de 75 *t* comme il a fallu en couler autrefois pour certaines plaques du *Formidable*. Aujourd'hui encore, dans les aciéries à blindages, on a souvent à couler des lingots de 50 tonnes.

Ces chiffres font pressentir l'importance qu'a dû prendre l'outillage des Aciéries où s'élaborent le métal à blindages et le métal à canons.

Les appareils de forgeage de ces énormes lingots ont dû suivre parallèlement un accroissement considérable et ont été mis alors en marche des pilons de 100 *t*, des presses de 2 000, 4 000, 6 000 *t* et plus, des trains de laminoirs conduits par des machines de plusieurs milliers de chevaux. Des installations de trempe, de cémentation ont été créées et les ateliers de gros outils pour l'usinage des blindages ont pris une extension de plus en plus considérable.

Aux usines de MM. Schneider, sont affectés à la fabrication des blindages : une aciérie comprenant trois fours de 35 *t* et un de 25 avec fosse de coulée de 14 *m* de profondeur desservie par un pont roulant de 150 *t*; un pilon de 100 *t*, un de 40, une presse à forger de 2 000 *t*, deux presses à gabarier, une de 2 000, l'autre de 6 000 *t*; un train à blindages de 3 *m* de longueur de table actionné par une machine réversible de 4 500 *ch* ; un autre train de 4 250 de longueur de table mis en marche par une machine de 12 000 *ch*.

Ce dernier train est actuellement en construction et le modèle de sa cage figure dans le pavillon Schneider, à l'Exposition.

Les outils spécialement affectés à l'usinage des blindages ont des dimensions considérables.

L'on peut voir, par exemple, dans les ateliers de MM. Schneider, certains rabots à fosse pouvant raboter 10 *m* de long sur 5 *m* de large et pesant chacun 96 *t*, des rabots à plateau permettant le

rabotage sur une longueur de 8,500 *m* et sur une largeur de 4 *m*, le poids de chacun d'eux s'élevant à 135 *t*, des rabots verticaux, d'un poids unitaire de 50 *t*, travaillant sur une surface ayant pour dimensions 4 *m* et 5,600 *m*.

Si l'on ajoute à ces outils les machines à percer radiales universelles, les scies, les machines à fendre, les rabots de côté, les machines universelles à mortaiser ou à refendre dont les dimensions sont comparables à celles que nous venons de citer, on peut avoir une idée de l'importance considérable que doit avoir une usine à blindages.

VI. — **Remarque finale.**

Pour terminer, il faut ajouter comme causes ayant favorisé les progrès de l'industrie des blindages, toutes les études qui ont été faites sur la constitution de l'acier, sur ses points critiques, sur sa micrographie, sur l'état dans lequel se trouvent les divers corps alliés au fer et sur tant d'autres sujets. Ces études sont nées les unes dans les laboratoires industriels, les autres dans les laboratoires de Savants qui ont bien voulu prêter leur précieux concours à la métallurgie.

L'industrie des blindages doit une part de son développement à l'Ingénieur, qui l'a dotée d'un outillage puissant, au Savant, dont les découvertes ont éclairé sa voie. Son principal mérite a été d'avoir su profiter des aides qui lui étaient offertes.

LOCOMOTIVE A GRANDE VITESSE

SYSTÈME THUILE [1]

PAR

M. L. PRÉVOST

L'augmentation de puissance des locomotives à grande vitesse préoccupe en ce moment toutes les Compagnies de chemins de fer, et les différents types exposés en ce moment à Vincennes montrent qu'un progrès sensible a déjà été réalisé depuis dix ans.

Les efforts se sont portés naturellement du côté de la chaudière pour en augmenter les dimensions et le timbre et sur l'application du compoundage pour réaliser l'économie du combustible et une meilleure répartition de l'effort moteur.

M. Thuile, qui suivait avec intérêt tout ce qui se publiait sur les chemins de fer où il avait commencé sa carrière, fut frappé par les paroles prononcées par M. du Bousquet, à la séance des Ingénieurs civils du 5 janvier 1894. « Si nous ne marchons pas » partout à 120 *km*, disait M. du Bousquet, c'est que nous ne le » pouvons pas. La locomotive n'a actuellement pas la puissance » nécessaire pour remorquer à cette vitesse, ailleurs que dans » les pentes, les trains qu'on lui donne à traîner. »

C'est cet aveu qui détermina M. Thuile à chercher une locomotive capable de remorquer un train de 180 à 200 *t* à la vitesse de 120 *km* en palier et en faibles rampes. L'avant-projet que M. Thuile présenta à MM. Schneider et Cie comportait une chaudière à deux corps tubulaires avec réservoir de vapeur; les deux essieux moteurs montés sur roues de 3 *m* de diamètre passaient entre les deux corps de chaudière. La machine était montée en outre sur deux bogies à trois essieux chacun. Celui d'avant était rendu moteur, pour les démarrages et pour franchir les rampes, par trois dynamos montées sur les essieux et action-

(1) Voir Planches n°s 242 et 243.

nées par une petite usine électrique installée sous l'abri d'avant. Cette usine devait servir également à l'éclairage du train et à la manœuvre des glaces des voitures.

Sur la partie supérieure de la machine et du tender devaient être installés de gros tubes pour l'aération et le chauffage du train.

En présence des observations qui lui furent faites, M. Thuile abandonna cet avant-projet et chargea MM. Schneider et Cie de l'étude d'une locomotive sur les bases suivantes :

La machine devait remorquer un train de luxe de 180 à 200 *t* à la vitesse de 120 *km* en palier.

Le générateur et le mécanisme devaient être établis en vue d'obtenir une puissance minimum indiquée aux cylindres de 1800 *chx* et chercher à se tenir au-dessus le plus possible tout en restant dans les conditions de poids admises pour la circulation sur les voies actuelles.

La machine devait porter un moteur éclairant électriquement la machine et le train.

Le mécanicien devait être à l'avant de la machine pour mieux surveiller les signaux et la voie.

Le tender devait porter un approvisionnement d'eau pour un parcours de 180 *km* et du combustible pour 350 *km*.

L'étude devait être entreprise en dehors de toute considération de frais de construction et de traction.

C'est pour répondre aux différentes conditions de ce programme que MM. Schneider et Cie ont construit la locomotive exposée dans leur pavillon.

Description de la locomotive.

La locomotive est à deux essieux couplés au milieu, avec un bogie à deux essieux à l'avant et un à trois essieux à l'arrière.

Chaudière. — Le foyer est du système Belpaire avec un bouilleur Ten Brinck relié par deux tubulures à l'avant et par trois tubulures au ciel du foyer. Deux portes de chargement sont ménagées à l'arrière. Les deux premières rangées d'avant des tirants verticaux armant le ciel du foyer sont à dilatation.

La grille est inclinée vers l'avant et possède une partie mobile avec mouvement de jette-feu.

Le corps cylindrique en forme de poire est armé dans sa

partie plane par trois rangées de tirants carrés reliés aux tôles par des cornières.

Les tubes sont du système Serve posés sans bagues.

Le cendrier est muni d'une porte à charnière à l'avant et de deux portes à coulisse à l'arrière.

Le régulateur est à double tiroir.

Deux soupapes de sûreté, dont une système Adams, sont placées au-dessus du foyer ; une troisième soupape est disposée sur le milieu du corps cylindrique.

L'échappement dans la cheminée se fait au moyen de trois cônes fixes pour régulariser le tirage dans les tubes.

Une trémie permet de vider les cendres de la boite à fumée.

L'alimentation est faite par deux injecteurs Greshem de 13 *mm* donnant 18000 *l* à l'heure.

Châssis. — Le châssis est constitué par quatre longerons dont deux à l'intérieur des roues pour l'avant de la machine et deux à l'extérieur pour l'arrière.

Ils sont solidement reliés par une pièce d'acier moulé placée à l'avant de la boite à feu et par une console entre les roues motrices et couplées.

Ils sont entretoisés à l'arrière par le caissonnement d'attelage et la pièce en acier moulé servant d'appui sur le bogie arrière, entre les roues motrices par une pièce d'acier moulé, sous la boite à fumée par l'attache de la chaudière, entre les cylindres par un caisson d'acier moulé servant d'appui sur le bogie avant et par la traverse avant. Les suspensions des roues motrices et couplées sont conjuguées par un balancier.

Les boites à huile motrices et couplées ont un graissage capillaire en dessus et par tampon en dessous.

Des ouvertures pratiquées dans les guides de ces boites permettent de sortir les broches de fixation des dessous de boites et d'enlever ceux-ci sans lever la machine pour changer les tampons ou visiter la fusée.

Bogies. — Le bogie avant est à châssis extérieur avec pivot du type de la Compagnie de l'Ouest. Ce bogie peut se déplacer de 70 *mm* de chaque côté de l'axe au moyen de deux ressorts à lames conjugués.

Les boites à huile sont du système Delanoy.

Le bogie arrière est également à châssis extérieur et n'a pas

de déplacement, les boîtes à huile sont les mêmes que celles du bogie avant.

Cylindres et mécanismes. — Les cylindres sont munis de tiroirs cylindriques à double orifice d'admission pour diminuer l'amplitude du mouvement de distribution tout en assurant de grandes ouvertures. Ces tiroirs sont très sensiblement équilibrés par des ouvertures qui mettent en communication l'intérieur du segment avec le cylindre. Les segments des tiroirs ne pouvant pas se fermer sous l'effort des compressions dans les cylindres, ceux-ci ont été munis de soupapes de sûreté.

L'arrivée de vapeur se fait entre les distributeurs et l'échappement par l'extérieur.

Le canal d'échappement a été séparé de l'arrivée pour diminuer le refroidissement de la vapeur vive.

La distribution est du système Walschaert avec changement de marche à vis.

Sur la tringle de commande du régulateur est fixé un mouvement actionnant une soupape d'admission de vapeur aux cylindres pendant la marche à régulateur fermé pour empêcher les entrées de gaz de la boîte à fumée dans les cylindres. Cette ouverture se fait dès que le petit tiroir commence à s'ouvrir et un simple coup de doigt donné sur un levier placé près du mécanicien ferme l'introduction.

Frein. — La machine est munie du frein Westinghouse à action rapide.

Ce frein actionne les quatre roues motrices et couplées.

La prise de vapeur de la pompe est munie du régulateur Foster.

Abris et accessoires. — La machine possède un abri pour le chauffeur à l'arrière et un abri pour le mécanicien à l'avant.

A l'arrière, les chauffeurs ont la surveillance du niveau de l'eau, de l'alimentation et du souffleur.

Le mécanicien a sous sa main le régulateur, le changement de marche, le frein, les purgeurs, la sablière Gresham, le sifflet et la turbine dynamo Laval destinée à l'éclairage.

Un tuyau acoustique et un timbre d'avertissement mettent en communication les deux plates-formes.

Les chauffeurs ont, en outre, un robinet de manœuvre du frein en cas d'accident au mécanicien.

Le graissage des cylindres et tiroirs se fait au moyen d'un graisseur télescopompe Bourdon.

Deux échelles placées en face des cylindres donnent accès à la plate-forme d'avant.

Des marchepieds placés à l'arrière permettent de monter sur la plate-forme arrière.

Un tablier muni de garde-corps et mains-courantes établit la communication entre les deux plates-formes de chaque côté de la machine.

Dimensions principales. — Les dimensions principales sont les suivantes :

Surface de grille	4,68 m^2
Longueur de la boite à feu extérieurement . . .	2,700 m
Largeur — — . . .	2,040 m
Diamètre moyen supérieur du corps cylindrique .	1,370 m
— inférieur — — .	1,234 m
Hauteur moyenne du corps cylindrique	2,010 m
Longueur totale de la chaudière	8,700 m
Nombre de tubes à ailettes	183
Diamètre extérieur des tubes	0,070 m
Longueur des tubes entre plaques	4,350 m
Surface de chauffe du foyer (bouilleur compris).	24,50 m^2
— des tubes (ailettes comprises).	273,20 m^2
— totale	297,70 m^2
Capacité de la chaudière — eau.	7,350 m^3
Capacité de la chaudière — vapeur	2,700 m^3
Capacité de la chaudière — totale.	10,050 m^3
Pression effective dans la chaudière	15 kg
Diamètre des cylindres	0,510 m
Course des pistons.	0,700 m
Diamètre des roues motrices.	2,500 m
— du bogie	1,060 m
D'axe en axe des bogies	10 m
Empattement total	12,250 m
Déplacement latéral du bogie avant (de chaque côté)	0,070 m
Longueur totale de tampon à tampon.	14,005 m
Largeur du parquet	2,800 m
Hauteur de la cheminée au-dessus du rail . . .	4,220 m
Effort de traction (coefficient 0,65)	7 100 kg

Poids de la machine vide		72 000 *kg*
— en charge		80 600 *kg*
Répartition des charges	Essieu moteur	16 000 *kg*
	Essieu couplé	16 000 *kg*
	Bogie avant	19 800 *kg*
	Bogie arrière	28 800 *kg*
Rayon minimum des courbes		150 *m*

Description du tender.

Le tender est à deux bogies dont un à deux essieux à l'avant et un à trois essieux à l'arrière.

Il porte 27 500 *kg* d'eau et 7 000 *kg* de combustible.

La caisse rectangulaire est armée dans le sens transversal par de larges plats qui forment brise-lames.

Le combustible occupe la moitié supérieure du dessus de la caisse à eau qui est inclinée pour faciliter l'écoulement du charbon.

Le châssis est constitué par deux fers à I renforcés par des plats et rivés au fond de caisse.

C'est sur ces fers que sont fixés les attelages et les tampons de choc.

Les essieux montés et les boites à huile sont les mêmes que ceux des bogies de la machine.

Le frein Westinghouse actionne les dix roues et le tender est en outre muni d'un frein à main.

Les robinets de jauge sont disposés sur un tube placé en avant de la caisse.

L'entrainement des bogies se fait par une cheville placée en leur centre et l'appui de la caisse est obtenu au moyen de glissières à rotule qui reposent directement sur les longerons du bogie.

Dimensions principales. — Les dimensions principales sont :

Diamètre des roues au contact	1,060 *m*
D'axe en axe des bogies	5,500 *m*
Empattement total	7,800 *m*
Longueur totale de tampon à tampon	10,796 *m*
— de la caisse à eau (intérieur)	9 *m*
Largeur de la caisse à eau	2,700 *m*
Hauteur de la caisse à eau (maxima intérieure)	1,530 *m*

Contenance de la caisse	eau	27 500 *kg*
	combustible	7 000 *kg*
Poids du tender vide.		23 700 *kg*
— en charge		58 200 *kg*
Charge sur le bogie avant.		24 120 *kg*
— arrière		34 080 *kg*

Matières.

L'acier a été presque exclusivement employé dans le construction de cette locomotive.

Les roues motrices et couplées sont en acier moulé ainsi que la plupart des entretoises du châssis.

En vue de réduire le poids de la machine, les tôles de chaudières et leurs rivets ont été faits en acier au nickel de 50 à 55 *kg* de résistance.

Le corps cylindrique a pu être ainsi réduit à 14 *mm* d'épaisseur au lieu de 16 à 17 *mm* employé généralement pour les pressions de 15 *kg*.

Les tirants du corps cylindrique, les armatures ont été faits en acier de même qualité.

Les bielles, les manivelles, les tiges de pistons sont en acier au nickel de 60 à 65 *kg*.

Les clavettes de bielle sont en acier au nickel de 70 à 75 *kg*.

Essais de la locomotive.

La locomotive a été soumise à des essais sur les chemins de fer de l'État entre Chartres et Thouars les 21 et 22 mai et les 5, 6, 7, 11, 12 et 13 juin.

Dans les essais de rôdage de mai, effectués en dehors de la surveillance du contrôle de la voie, la vitesse de 117 *km* a été atteinte dans la partie en palier comprise entre Château-du-Loir et Pont-de-Bray. Le train, composé de 11 voitures ordinaires, 3 voitures à couloir et 2 fourgons pesait 186 *t*. L'admission aux cylindres était de 0,18 en palier.

Dans les essais ultérieurs, la vitesse avait été limitée à 90 *km*, sauf dans la section de Château-la-Vallière à Noyant-Méon où la vitesse de 100 *km* était permise.

Dans ces limites, la vitesse de 102 *km* a été atteinte en palier avec un train de 208 *t* et une admission de 0,15 aux cylindres.

Ce train de 208 *t* a été remorqué à 80 *km* sur rampe de 10 avec une admission de 0,35 aux cylindres.

Dans tous ces essais, la pression de 15 *kg* était maintenue à la chaudière sans activer le feu et les soupapes se levaient même fréquemment.

Malheureusement, ces essais ont été faits dans des conditions pour lesquelles la machine Thuile n'était pas établie. Elle a été étudiée uniquement pour tractionner les trains sur les grands réseaux où les déclivités dépassent rarement 5 *mm* et où les courbes ne descendent pas au-dessous de 500 *m* de rayon, ces dernières étant peu fréquentes.

Le réseau de l'État, au contraire, présente entre Chartres et Thouars une succession de déclivités comprises entre 10 et 14 *mm*. Les courbes de 500 *m* de rayon y sont fréquentes et descendent même jusqu'à 300 *m*. Il est certain qu'il serait imprudent de circuler à 120 *km* en raison des courbes et que la machine manque d'adhérence pour franchir les rampes de 10 et au-dessus à de grandes vitesses.

Il serait évidemment intéressant de faire des essais sur l'un des grands réseaux français où la vitesse de 120 *km* puisse être obtenue sur grand parcours.

L'ABATAGE MÉCANIQUE DE LA HOUILLE

AUX ÉTATS-UNIS

PAR

M. A. DE GENNES

La question de la main-d'œuvre dans les mines, qui s'est posée depuis quelques années en France, a été subie aux États-Unis d'une façon beaucoup plus intense encore il y a quelques années. Le renchérissement de la main-d'œuvre et les grèves ont, comme toujours, amené des machines, pour remplacer ou augmenter le travail de l'homme devenu insuffisant. C'est ainsi que les houillères américaines ont bien avant nous, poussées par la nécessité, armé leurs ouvriers de machines, de plus en plus perfectionnées, qui ont permis, tout en réduisant le prix de revient de 15 à 20 0/0, d'augmenter la production de plus de moitié. Parmi les machines employées dans ce but, nous trouvons celles qui servent à la traction, ainsi qu'aux services accessoires, pompes, ventilateurs, treuils, électriques pour la plupart; nous ne parlerons aujourd'hui que des principales, les machines à déhouiller le charbon, qui ont le plus transformé le travail et qui ont eu sur lui la plus grande influence.

L'exploitation des houillères se fait aux États-Unis d'une manière à peu près uniforme par chambres et piliers, dans les bassins de la Pennsylvania de l'Ouest, de l'Ohio, de l'Illinois, qui exploitent des charbons gras, en couches régulières et presque horizontales de 1,50 *m* à 2 *m* de puissance. C'est dans cette partie que se sont le plus développées les machines; dans la Virginia de l'Ouest, placée dans des conditions analogues de gisements, mais où la main-d'œuvre est moins chère, le besoin de machines s'est moins fait sentir et leur nombre s'y accroit beaucoup plus lentement, tandis qu'en Pennsylvania le nombre de compagnies houillères se servant de machines est passé de 7 en 1891 à 99 en 1898.

Dans la Pennsylvania de l'Est, qui contient des charbons maigres, l'inclinaison des couches a été un obstacle jusqu'à présent

insurmontable à l'emploi de machines : une autre cause, peut-être plus importante encore, est venue s'y ajouter ; ce charbon fait sous l'action des machines une poussière intolérable.

L'abatage mécanique du charbon se fait par plusieurs classes de machines, que nous rassemblons sous le nom générique de *déhouilleuses*. Ce sont ces machines que nous allons présenter à nos collègues.

DÉHOUILLEUSES

Haveuses.

Haveuses à pic. — La première méthode qui s'est présentée à l'esprit a été de continuer à employer le pic du mineur en le munissant d'une force mécanique. C'est ainsi qu'ont été créées les haveuses à pic, qui datent, les premières, de 1880. D'autres sont venues plus récemment, et il en existe actuellement quatre types :

La haveuse à pic Harrison, la plus ancienne, se compose d'un piston mû par l'air comprimé dans un cylindre. Ce piston se termine à l'avant par un porte-outil qui contient un pic robuste terminé en queue de poisson par deux pointes. Un petit moteur rotatif manœuvre un tiroir qui opère la distribution.

La haveuse à pic Sergeant est très analogue comme fonctionnement, sa distribution s'opère au moyen d'une valve-tiroir mue elle-même par une petite valve auxiliaire, qui tire son mouvement du choc d'un ergot porté par le piston.

La haveuse à pic Sullivan a une distribution à détente variable, et la vitesse du piston est beaucoup plus grande pendant le mouvement en avant que pendant le recul : c'est dans cette dernière période que l'on gouverne la machine.

La haveuse à pic Morgan-Gardner est mue par un moteur électrique à courant direct, qui fait reculer le piston en comprimant un ressort : c'est ce dernier dont la force lance le piston en avant.

Toutes ces machines opèrent de la même façon. Elles sont montées sur deux roues basses, qui les maintiennent au ras du sol, sur une petite plate-forme inclinée vers le front de taille. L'ouvrier s'assied sur la plate-forme avec la machine entre les jambes, cale l'une des roues avec son pied muni d'un sabot qui empêche la machine de reculer en frappant le charbon, et saisit

avec les mains deux poignées à l'arrière : puis il met en marche, et dégage peu à peu, en marchant de côté, une cavité qui part de la sole, sur une hauteur de 0,30 *m* à 0,35 *m* pour aller en diminuant jusqu'à 0,06 *m* à la profondeur de 1,50 *m*, et qui s'étend latéralement sur toute la largeur du front de taille.

Haveuses à outil rotatif rigide. — Une cavité analogue (qu'on appelle havage ou sous-cave) est obtenue par d'autres genres de machines. Nous citerons :

La haveuse à barre coupante Jeffrey, tout à fait tombée en désuétude, dont le nom seul indique l'emploi :

La haveuse à plateau Jeffrey, mue par l'air comprimé ou l'électricité, dans laquelle un plateau muni de griffes tourne horizontalement en pratiquant une découpure, et dont il n'existe plus que quelques modèles, remplacés peu à peu par des machines plus récentes :

La haveuse à barre tournante armée Lee, dans laquelle le découpage est pratiqué latéralement par une barre garnie de griffes qui tourne tout en progressant, et dont les griffes, montées en hélice, servent à sortir le déchet : elle n'est pas dans le commerce.

Haveuses à chaîne. — Dans ce genre de machines, une chaine sans fin à forts maillons, munis de griffes, étalée sur un bâtis horizontal, est mue soit par l'électricité soit par l'air comprimé.

Dans les haveuses à chaine *avançantes*, le havage est pratiqué par avancées successives de 1,50 *m* de profondeur sur 1 *m* de large sous le charbon.

Il y en a plusieurs modèles : Jeffrey, Link-Belt, Morgan-Gardner.

La haveuse à chaine *ripante*, après être entrée sous le charbon de 1,50 *m* sur une largeur de 0,60 *m*, se déplace en découpant latéralement un havage de 1,50 *m*. jusqu'à l'autre extrémité du front de taille.

Il n'en existe qu'un modèle, Sullivan. Le fonctionnement de détail des griffes est aussi différent de celui des haveuses avançantes.

Rouilleuses.

Les machines qui font des saignées verticales ou rouillures, et que nous appelons rouilleuses, sont, ou bien des haveuses à pic

montées sur grandes roues, qui font des rouillures latérales: Harrison, Sergeant, Sullivan ; ou bien des haveuses à chaîne avançantes montées sur un affût qui place la chaîne dans un plan vertical, qui font des rouillures centrales : Jeffrey, Morgan-Gardner ; ou bien une rouilleuse spéciale composée d'un corps analogue à celui d'une haveuse à pic, montée sur un affût à crémaillère : on ne craint plus le contre-coup, et la marche est plus rapide ; elle fait des rouillures centrales : Sullivan.

Perforatrices

Les perforatrices employées sont de deux genres :

1° A percussion. — Celles-ci sont réservées au travail du rocher; nous nous bornerons donc à en rappeler l'existence. Elles sont ou à air comprimé (Ingersoll, Sullivan, etc.) ou électriques. Ces dernières sont : ou à solénoïdes, qui attirent successivement en avant et en arrière le piston ; ou à ressort, fonctionnant comme la haveuse à pic citée plus haut.

2° A rotation. — Celles-ci, pour le charbon, sont ou à air comprimé (Jeffrey) ou électriques: Jeffrey, General electric, avec un fleuret tournant en forme de tirebouchon plat.

Pour le rocher, on se sert de sondeuses au diamant employées comme perforatrices, dont l'outil, au lieu d'être à couronne, est plein.

Chargeuses.

Devant la quantité de charbon abattue par machine, la main de l'homme est devenue insuffisante aussi pour le chargement, et l'on cherche en ce moment à y suppléer par des chargeuses. Les modèles en essai n'ont pas encore donné satisfaction ; mais on peut espérer d'ici peu une solution pratique ; on n'a eu qu'à s'inspirer des énormes pelles à vapeur qui servent dans les chantiers de déblais, et qui enlèvent d'un seul coup jusqu'à $3m^3$ de roche.

Nous n'avons pu, dans ce court exposé, donner bien des détails qui auraient peut-être intéressé les mineurs, mais qui auraient paru oiseux à la plupart de nos Collègues. Nous nous mettons à la disposition de ceux qui désireraient des renseignements plus complets, et nous serons heureux de les leur donner.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. JULES DE LA MORANDIERE

PAR

M. DEGHILAGE

Jules-Émeric-Raoul-Bricheteau de la Morandiere, décédé le 4 juillet 1900, était né le 3 octobre 1837.

En 1861, il obtenait le diplôme de licencié en droit, alors qu'élève libre à l'École des Mines, il se consacrait plus spécialement à ses études de prédilection et se préparait à la seule carrière vers laquelle l'attiraient d'irrésistibles aspirations, de remarquables aptitudes.

Il débuta en 1861 dans le service du matériel et de la traction de la Compagnie du Nord en qualité d'inspecteur adjoint, fonction qu'il conserva jusqu'en 1870; pendant cette période de neuf années, un labeur incessant lui permit de publier plusieurs mémoires très remarqués, intéressant non seulement les chemins de fer du réseau français, mais ceux d'Angleterre et autres pays voisins et donnant la mesure de connaissances techniques étendues.

La notoriété qu'il sut ainsi acquérir lui valut, lors de l'Exposition universelle de 1867, d'être choisi pour secrétaire du jury du groupe VI, fonction qui lui fournit de nouveau l'occasion d'affirmer ses qualités de chercheur, de travailleur infatigable.

En août 1870, de la Morandiere quitta la Compagnie du Nord pour entrer à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest en qualité d'inspecteur du matériel et de la traction; il obtint, en 1877, le poste d'Ingénieur des études du même service, poste qu'il a conservé jusqu'à ses derniers moments.

Durant cette longue étape, interrompue à peine par les soins qu'imposaient les symptômes du mal qu'il ne devait pas surmonter, l'activité de Morandiere ne se dément pas un instant; les exigences d'un lourd service ne l'empêchent pas de suivre fiévreusement la marche des progrès qui s'accomplissent dans les divers pays, soit par une correspondance suivie avec les ingé-

nieurs étrangers, dont les nombreux témoignages attestent la véritable notoriété qu'il s'était acquise et le prix qu'on attachait à ses avis et à ses conseils, soit, surtout, par de rapides et fréquents déplacements auxquels son repos est le plus souvent sacrifié; aucune innovation ne lui échappe.

Familier, en outre, avec plusieurs langues étrangères, il se voit désigner pour représenter, pendant quatre sessions, la Compagnie aux Congrès de Milan (1887), Paris (1889), Saint-Pétersbourg (1892), Londres (1899).

Parmi les notices, mémoires et publications dont il est l'auteur, il faut retenir d'abord celles dont il enrichit les *Bulletins* de notre Société et dont les plus importantes sont :

Mémoire sur l'exploitation et le matériel des chemins de fer anglais (1866);

Rapport de la section chargée de l'examen du matériel roulant à l'Exposition de 1867 ;

Choix d'un concessionnaire pour les lignes secondaires (1868);

Observations sur la loi des chemins de fer d'intérêt local de 1866 (1870);

Mention toute spéciale doit être faite du magistral travail que notre Collègue publia, en 1898, lors du cinquantenaire de la Société, travail que nul ne pouvait faire mieux que lui et qui, sous le titre modeste : *les Machines Locomotives*, est un résumé très complet des progrès réalisés par ces machines dans la période de cinquante ans qui s'est écoulée entre 1848 et 1898.

Nous citerons encore « les principaux types de locomotives en service en France et à l'étranger » (1869), paru dans les *Annales Industrielles ;*

Et les locomotives à l'Exposition de Vienne (1873) en collaboration avec M. Deghilage (1874). Broise et Courtier et Baudry et Cie.

Depuis 1878, année de la fondation, notre collègue faisait partie du Comité de rédaction de la *Revue générale des chemins de fer et tramways*; il y apporta une collaboration aussi utile que dévouée. Parmi les mémoires qu'il y inséra, on peut rappeler :

Le Pont de Dundee sur le Tay (1880);

Les Ponts et Viaducs de la ligne du Gothard (1883);

Les Locomotives à l'Exposition d'Anvers (1886);

Constitution du réseau ferré italien. Le Matériel roulant des chemins de fer italiens (1887);

Le Matériel roulant des chemins de fer anglais (1890).

En 1875, la mort prématurée de son père, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de la construction à la Compagnie d'Orléans, eut pour conséquence d'imposer à Jules de la Morandiere une tâche aussi lourde qu'imprévue. L'éminent professeur à l'École des Ponts et Chaussées laissait, en cours de publication, le remarquable ouvrage sur la construction des Ponts et Viaducs; de la Morandiere entreprit d'y mettre la dernière main au moyen des documents réunis; mais à cette époque de transition, où le métal allait rivaliser avec la pierre, où de nouvelles méthodes s'imposaient, il fallait, en quelque sorte, rajeunir l'œuvre en lui donnant un caractère d'actualité; il ne recula pas devant semblable labeur et paya de plusieurs années de veilles et de fatigues l'honneur de mener à bien un travail qu'un sentiment de piété filiale lui disait aussi d'achever.

Jules de la Morandiere se montra de bonne heure un des fervents des chemins de fer économiques, auxquels il consacra plusieurs études, parmi lesquelles le mémoire daté de 1876 et intitulé : ***Mémoire sur la construction et l'exploitation des chemins de fer économiques***, et celui de 1877 sur les chemins de fer « à bon marché ». A toute époque aussi, il suivit avec la plus ardente conviction les progrès réalisés dans l'exploitation sur plusieurs lignes de la Grande-Bretagne, grâce à l'adoption du « bogie » aux locomotives et voitures; l'un des premiers, il en préconisa l'application sur le réseau français.

Il est intéressant de rappeler, au moment où l'Exposition Universelle de 1900 voit affirmer le succès définitif du fonctionnement compound appliqué aux machines-locomotives, que, dès 1866, de la Morandiere proposait de recourir à ce procédé et concevait, en vue de l'exploitation d'un chemin de fer métropolitain, un type de machine-tender à quatre essieux divisés en deux groupes, munie du fonctionnement compound, complété par la condensation dans les soutes à eau. Ce projet, intitulé « Locomotive à trois cylindres pouvant être aménagée en machine à détente de Woolf », a été publié par le journal ***Engineering***.

Notre Collègue a exposé lui-même dans un intéressant article intitulé ***Une page de l'histoire de la locomotive*** inséré dans la chronique du ***Bulletin*** de mai 1882 de notre Société, les raisons qui l'avaient guidé dans cette étude.

Entré à la Société des Ingénieurs Civils de France en 1864, de la Morandiere y a occupé les fonctions de secrétaire pendant

sept années (1869-1875), et a été Membre du Comité de 1876 à 1880 et de juillet 1881 à 1896. Comme a bien voulu le rappeler M. le Président Canet dans la séance du 6 juillet dernier, ses conseils et sà collaboration avaient toujours été appréciés dans nos réunions. Il avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur à l'occasion de l'Exposition de Rouen en 1897.

Plus de quarante années ont été consacrées par de la Morandiere à cette industrie des chemins de fer qui, dès sa jeunesse, l'attira, et dont les moindres détails captivaient son attention, sollicitaient ses études, que la question intéressât la voie, l'exploitation ou, plus particulièrement, le matériel roulant et la traction. Doué d'une incomparable mémoire, d'une facilité d'assimilation peu commune, il était, dans cette sphère, une sorte d'encyclopédie vivante qu'aucune question ne prenait au dépourvu; ses exposés simples, concis, d'une tonalité toujours discrète et modeste, étaient plus qu'appréciés.

De la Morandiere sut conquérir une sympathie générale et une estime universelle; une vie toute entière consacrée au devoir, une abnégation qui le disposait à s'effacer sans cesse, l'avaient fait aimer également de ses supérieurs et de tous ceux placés sous ses ordres; une parfaite égalité d'humeur, une entière courtoisie présidaient toujours à ses relations soit avec ses amis, soit avec ses collaborateurs à tous les degrés de la hiérarchie. Aux heures même d'épreuves cruelles et réitérées, il ne se départit jamais de cette forme bienveillante qui caractérisait invariablement sa manière d'être, et le souvenir des sympathies qu'il a partout rencontrées apportera une réelle consolation à la douleur des siens, un adoucissement aux regrets d'amis dévoués et sera une force et un exemple pour ceux qui demeurent après lui.

CHRONIQUE

N° 249.

Sommaire. — Les locomotives italiennes, russes et suisses à l'Exposition de 1900. — Dix ans de science *(suite et fin)*. — Nouveaux chemins de fer au Caucase.

Les locomotives italiennes, russes et suisses à l'Exposition de 1900. — Locomotives italiennes. — La section italienne contient trois locomotives, dont deux du système compound.

La première est exposée par la Société italienne des Chemins de fer Méridionaux, réseau de l'Adriatique, et a été construite dans les ateliers de cette Société, à Florence. C'est une puissante machine pour trains rapides qui présente des particularités intéressantes. Elle est portée sur cinq essieux, dont trois accouplés et deux formant bogie à l'arrière du foyer; elle est représentée par $\overline{\text{PPCMC}}$; mais elle est destinée à marcher normalement la cheminée en arrière et, par conséquent, le bogie en avant. A cet effet, l'abri du mécanicien est fermé à la partie opposée à la chaudière par une cloison percée de fenêtres présentant en plan la forme d'un V; cette partie contient la soute à combustible, tandis que l'eau est renfermée dans un tender de forme spéciale que la machine remorque et qui se trouve, par conséquent, du côté de la cheminée. Il paraîtrait que cette disposition a été adoptée pour soustraire, sous les longs tunnels, le personnel à l'action directe des gaz sortent de la cheminée, mais elle présente, par contre, divers inconvénients, parmi lesquels le faible approvisionnement de combustible.

Le châssis est intérieur aux roues; l'essieu moteur est entre deux essieux accouplés avec lui. Il y a quatre cylindres dont deux extérieurs et deux intérieurs, les premiers sont horizontaux, les autres inclinés. Les cylindres extérieurs actionnent des boutons de manivelles fixés aux roues et les cylindres intérieurs des coudes venus de forge sur l'essieu: le coude et le bouton de manivelle adjacent sont calés à 180° l'un de l'autre. Ce qu'il y a de tout à fait particulier dans cette machine, c'est que, d'un côté de la machine par rapport à l'axe longitudinal, il y a deux petits cylindres et de l'autre deux grands cylindres; chaque paire ainsi constituée possède un tiroir unique de forme cylindrique actionné par un mécanisme Walschaerts placé à l'extérieur. Cette disposition de cylindres, qui semble au premier abord assez singulière, se justifie néanmoins; si on n'a pas la symétrie qu'on cherche habituellement à réaliser par l'emploi de quatre cylindres, on a l'avantage d'obtenir, avec un tiroir unique par paire de cylindres, une meilleure distribution que si ce tiroir unique servait à la fois à un petit et à un grand cylindres.

(1) Dans la Chronique de juin, 2me quinzaine, page 357, une faute d'impression indique pour la section allemande 9 compound dont 5 à 2 cylindres et 4 à 4; il faut lire 10 — 6 et 4.

C'est en somme une machine compound à deux cylindres dont chacun a été dédoublé en deux cylindres actionnant des manivelles à 180° l'une de l'autre.

Les cylindres ont 380 et 570 *mm* de diamètre, rapport de volumes 2,25, et 650 *mm* de course; les crosses de têtes de tiges de pistons sont guidées par des barres simples; les roues accouplées ont 1,94 *m* et les roues du bogie 1,115 *m* de diamètre. L'écartement des essieux accouplés est de 4,10 *m* et l'écartement total de 9,40 *m*.

La chaudière, timbrée à 15 *kg*, a 3 m^2 de surface de grille, 11,70 *m* de surface de chauffe de foyer et 166,7 m^2 de surface de chauffe totale. Le corps cylindrique a 1,434 *m* de diamètre et contient 273 tubes de 50 *mm* de diamètre extérieur et 4 *m* de longueur. La boite à fumée est très longue, elle renferme le tuyau formant *receiver* entre les deux groupes de cylindres; la tuyère est placée très bas et la cheminée descend presque jusqu'à l'axe de la boite à fumée qui est à 2,65 *m* au-dessus du rail. Le dôme, contenant le régulateur à tringle intérieure, est sur l'arrière du corps cylindrique; celui-ci se raccorde avec l'enveloppe du foyer par une partie tronconique.

La machine pèse à vide 57 500 *kg* et en service 66 500 dont 43 500 *kg* sont utilisés pour l'adhérence. Le tender formé d'un cylindre à axe horizontal contient 15 000 *l* d'eau; il pèse à vide 14 000 *kg* et plein 29 000 *kg*, il est porté sur quatre essieux.

Cette locomotive est peinte en noir uni sans bandes ni filets; elle est très bien exécutée et d'un bel aspect.

La seconde locomotive appartient au réseau de la Méditerranée des Chemins de fer Méridionaux; elle est destinée au service des trains directs sur la ligne Rome-Pise et peut remorquer des charges de 200 tonnes à la vitesse maxima de 90 kilomètres à l'heure: elle a été construite par la maison Gio. Ansaldo et Cie, à Sampierdarena, dont elle porte le numéro de fabrication 366 en même temps que le nom *Alessandro Volta*. Cette machine a trois essieux accouplés et un bogie à deux essieux à l'avant, soit CCM$\overline{PP}$. Le foyer est sur les deux essieux d'arrière. Le châssis est intérieur aux roues, il est rétréci au droit des cylindres à cause du grand diamètre du cylindre à basse pression, cette machine étant une compound à deux cylindres extérieurs. Elle présente d'ailleurs une particularité assez rare. Les bielles motrices actionnent le premier des trois essieux couplés et les bielles d'accouplement sont disposées en deux files de chaque côté, celles qui relient le premier et le second essieu étant à l'extérieur des bielles motrices et celles qui réunissent le second essieu au troisième étant à l'intérieur des précédentes, c'est-à-dire dans l'axe des bielles motrices.

Le cylindre à haute pression a un tiroir cylindrique et le cylindre à basse pression un tiroir plan ordinaire.

La distribution est du type Walschaerts ; il n'y a qu'une commande de relevage, mais celui-ci est muni de l'appareil différentiel de notre système, non plus modifié comme dans les machines dont nous avons parlé précédemment (Voir Chronique de juin, première quinzaine, page 339), mais tel que nous l'avons introduit il y a une douzaine d'années. L'appareil de démarrage est indiqué du système von Borries-Gior-

dana ; il ne comporte pas d'échappement direct du petit cylindre à l'extérieur.

Les cylindres ont 540 et 800 de diamètre, avec 680 de course, soit un rapport de volume de 2,18. Les roues accouplées ont 1,834 *m* et les roues du bogie 0,974 *m* de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 3,92 *m* et les essieux extrêmes de 8,31 *m*.

La chaudière timbrée à 13 *atm* a 2,60 de surface de grille, 12 de surface de chauffe directe et 131,30 m^2 de surface de chauffe totale.

Le corps cylindrique de 1,434 *m* de diamètre contient 214 tubes de 52 *mm* de diamètre extérieur et 3,80 *m* de longueur.

La machine pèse à vide 60 250 *kg* et en service 65 800 dont 45 000 sur les essieux accouplés. Elle est suivie d'un tender à trois essieux contenant 13 000 *l* d'eau et 3 000 *kg* de combustible pesant 16 750 *kg* à vide et 33 000 en charge.

Cette locomotive est peinte en vert très foncé avec des cercles de laiton poli sur le corps cylindrique.

La troisième machine, arrivée seulement au mois d'août, appartient au réseau de l'Adriatique et a été construite par la Société Ernesto Breda, à Milan, dont elle porte le numéro de fabrication 468. C'est une machine destinée à la traction des trains express et présentée comme pouvant réaliser une vitesse de 100 *km* à l'heure. Elle est portée sur quatre essieux dont deux accouplés et deux formant bogie à l'avant CM$\overline{PP}$.

Le châssis est intérieur aux roues; les cylindres égaux en diamètre, sont extérieurs et horizontaux, les tiroirs sont sur les cylindres et commandés par l'intermédiaire de *rockers* par des mécanismes de distribution à coulisse Stephenson placés à l'intérieur des longerons. Le foyer est au-dessus de l'essieu d'arrière, son enveloppe est raccordée avec le corps cylindrique par une partie tronconique. Le régulateur à tringle extérieure est dans un dôme placé sur l'arrière du corps cylindrique.

Les cylindres ont 480 *mm* de diamètre et 600 de course. Les roues motrices et accouplées ont 1,940 *m* de diamétre et les roues du bogie 0,970 *m*. Les essieux accouplés sont distants de 2,43 *m* et les essieux extrêmes de 6,70 *m*.

La chaudière est timbrée à 14 *kg*. Elle a 2,37 m^2 de surface de grille et 160 m^2 de surface de chauffe totale sur laquelle le foyer entre pour 12 m^2. Le corps cylindrique a 1,374 *m* de diamètre extérieur et contient 125 tubes Serve de 65 *mm* de diamètre extérieur et 3,200 *m* de longueur entre les plaques tubulaires. L'axe du corps cylindrique est à 2,45 *m* au-dessus des rails.

La machine pèse 44 000 *kg* à vide et 48 000 environ en service dont 29 200 utilisés pour l'adhérence. Le tender à trois essieux porte deux caisses à eau latérales d'une capacité collective de 12 m^3 ; il pèse vide 14 000 *kg* et chargé 29 500 *kg*.

Cette machine est peinte en noir avec filets rouges.

Les machines dont nous venons de parler sont bien établies et do nent une idée très satisfaisante de la construction italienne au point vue des moteurs de chemins de fer.

Locomotives russes. — La section russe contient cinq locomotives construites par trois ateliers : les établissements Poutiloff, à Saint-Pétersbourg, la Société de Briansk et la Société de Kolomna, toutes maisons déjà anciennement établies, comme on sait.

Établissements Poutiloff. — Ces établissements ont deux locomotives, dont la première, qui porte le n° 645 de fabrication, est une machine à voyageurs du type du gouvernement. destinée au chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Varsovie. C'est une locomotive compound-tandem, c'est-à-dire à quatre cylindres et deux mécanismes seulement. Le point de départ de ce type est la machine construite à Belfort en 1891 sur les données de notre regretté Collègue Borodine (voir *Bulletin* d'octobre 1892), dont on a pu renforcer les dimensions en acceptant des charges plus élevées sur les rails.

Il y a quatre essieux, dont deux couplés et deux formant bogie à l'avant, soit CMPP. Le châssis est intérieur. Les petits cylindres sont en avant des grands et sont reliés à eux par une pièce de fonte présentant des évidements. Les tiroirs cylindriques sont sur les cylindres qui sont inclinés ; ils sont commandés par un mécanisme Walschaerts extérieur. La boite à fumée porte une grosse lanterne à l'américaine. Le tablier est au-dessus des boites à tiroirs ; il est entouré d'une balustrade, disposition réglementaire en Russie et on accède au tablier depuis la plate-forme du machiniste par des portes pratiquées dans le devant de l'abri.

Les cylindres ont 365 et 847 *mm* de diamètre et 610 de course, soit un rapport de volume de 2,25; les roues accouplées ont 2 *m* et les roues du bogie 1 *m* de diamètre. L'écartement des essieux extrêmes est de 7,50 *m*.

La chaudière, timbrée à 12 *atm*, a 2,62 m^2 de surface de grille, 13,68 m^2 de surface de chauffe de foyer et 146,08 m^2 de surface de chauffe totale.

Le corps cylindrique, de 1,39 *m* de diamètre, contient 216 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 3,915 *m* de longueur.

Le poids est de 50 000 *kg* à vide et 55 000 en charge dont 28 000 sur les essieux accouplés.

Le tender est à trois essieux. La machine est peinte en brun rouge, le corps cylindrique porte des cercles en laiton poli. On peut signaler la présence, sur la plate-forme du machiniste, d'un plancher en bois porté sur ressorts.

La seconde machine, qui porte le numéro de fabrication 695, est une locomotive compound à quatre essieux tous accouplés, type du gouvernement, et destinée au chemin de fer Nicolas.

Le châssis est intérieur, les cylindres sont aussi à l'extérieur et légèrement inclinés, l'essieu moteur est le troisième à partir de l'avant ; les tiroirs sont sur les cylindres et sont actionnés par un mécanisme Joy. La suspension est avec ressorts du type belge sans courbure initiale.

Les cylindres ont 500 et 730 *mm* de diamètre (1) et 650 de course, rapport de volumes, 2,13.

Les roues ont 1,200 *m* et les essieux extrêmes sont distants de 3,89 *m*.

Le timbre est de 11,5 *atm* ; la grille a 1,85 m^2 de surface, la surface de chauffe est de 152,6 m^2 dont 10,7 pour le foyer. Le corps cylindrique

de 1,47 *m* de diamètre, contient 190 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,66 *m* de longueur.

Le poids à vide est de 45 700 *kg* et le poids en service de 51 700.

La machine a la lanterne américaine et le garde-corps sur le tablier signalés sur la précédente machine.

Le tender est à trois essieux. La peinture est noire mais sans filets.

Société de Briansk. — La locomotive construite par cette Société et qui porte son numéro de fabrication 781 est exposée par le chemin de fer de Moscou-Kasan. C'est une machine compound articulée, système Mallet à six essieux divisés en deux groupes de trois, MCCMCC.

Les cylindres sont inclinés, les tiroirs équilibrés sont en dessus et actionnés par un mécanisme Walschaerts.

Les cylindres ont 475 et 710 *mm* de diamètre et 650 de course, rapport de volumes, 2,23. Les roues ont 1,22 *m* de diamètre, l'écartement des essieux de chaque groupe est de 2,70 *m* et l'écartement total de 8,20 *m*.

La chaudière, timbrée à 12 *atm*, a 2,48 m^2 de grille et 200 m^2 de surface de chauffe totale, dont 13 directs. Le corps cylindrique a 1,588 *m* de diamètre et contient 234 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4 965 *m* de longueur.

Le poids est de 75 800 *kg* à vide et de 81 600 *kg* en service, ce qui donne, en moyenne, moins de 14 *t* par essieu. Le tender porte sur quatre essieux formant deux bogies, contient 20 m^3 d'eau et 6 de naphte, il pèse 23 400 *kg* à vide et 46 300 *kg* en charge, soit un poids de 128 000 *kg* pour l'ensemble de la machine et du tender.

Le foyer est garni en briques réfractaires dans la partie inférieure où se fait la combustion du naphte. La sécurité de la circulation sur le tablier est assurée d'une manière très complète, car, non seulement le tablier principal est muni de garde-corps, mais la partie de l'avant-train articulé qui déborde la chaudière porte un tablier également protégé. La machine est peinte en brun rouge, relevé par des filets blancs sur les cylindres et l'abri et par des cercles en métal poli sur le corps cylindrique ; les roues sont peintes de la même couleur.

Ces machines, dont une cinquantaine sont déjà en service tant sur le Moscou-Kazan que sur le chemin de fer transsibérien, sont très puissantes ; leur effort de traction atteint 13 500 *kg*, c'est-à-dire dépasse la résistance de l'attelage normal.

Pour pouvoir utiliser cet effort, M. Noltein, directeur du chemin de fer de Moscou-Kazan, a imaginé une ingénieuse disposition d'attelage supplémentaire qui figure sur le tender de la machine exposée à Vincennes. Cette disposition repose sur l'emploi d'un câble en acier de 13 *mm* de diamètre qui entoure la partie du train voisine de la machine et représentant l'excès du poids total sur le poids correspondant à la traction

(1) On a conservé les dimensions de cylindres des premières machines à huit roues couplées du Sud-Ouest russe transformées en compound en 1888 par Borodine sur nos indications. Les cylindres avaient 500 de diamètre et 650 de course ; on en avait conservé un comme cylindre à haute pression et donné au nouveau le plus grand diamètre que comportait la disposition de la machine et qui s'est trouvé de 0,73 *m*.

normale de l'attelage ; ce câble passe sur des galets portés latéralement par les wagons et va se relier par des dispositifs faciles à accrocher et décrocher à des pistons contenus dans de longs cylindres horizontaux placés de chaque côté du tender, cylindres dans lesquels agit sur les pistons l'air comprimé fourni par la pompe du frein Westinghouse ; ces pistons constituent ainsi des ressorts à longue course. Le câble, lorsqu'il n'est pas utilisé, est enroulé sur un treuil disposé à l'arrière du tender.

Cette disposition a très bien réussi ; elle permet de remorquer facilement des trains de 26 wagons pesant environ 500 tonnes sur des inclinaisons de 17 0/00.

Société de Kolomna. — Il y a deux machines construites par cette Société. La première est une locomotive compound à grande vitesse avec trois essieux accouplés et un bogie à l'avant, soit CMCPP.

Le châssis est intérieur aux roues, les cylindres sont extérieurs et inclinés ; les tiroirs plans sont au-dessus des cylindres et commandés par des mécanismes Walschaerts avec commande de relevage unique.

Les deux cylindres ont respectivement 500 et 730 *mm* de diamètre avec 650 *mm* de course, rapport de volumes 2.13. Les roues accouplées ont 1,83 *m* et les roues du bogie 1,03 *m* de diamètre. Les essieux extrêmes sont distants de 8,03 *m*.

La chaudière est timbrée à 11,5 *atm* ; elle a 152,44 m^2 de surface de chauffe totale dont 10,95 directe. Le corps cylindrique a 1,47 *m* de diamètre et contient 192 tubes de 51 *mm* de diamètre extérieur et 4,60 *m* de longueur.

La machine pèse 57 800 *kg* à vide et 63 200 *kg* en service. Le chauffage se fait au naphte. Le corps cylindrique, l'abri et les cylindres sont peints en vert, le premier a des cercles de métal poli, le châssis est peint en noir et les roues en rouge.

La seconde machine des ateliers de Kolomna est une petite locomotive à quatre essieux accouplés pour voie de 0,75 *m*. CMCC.

Les cylindres ont 300 *mm* de diamètre et 355 *mm* de course, les roues 730 *mm* de diamètre avec un écartement d'essieux de 2,70 *m*.

La chaudière est timbrée à 12 *atm*, la surface de chauffe est de 55,6 m^2 dont 6 directe. Le corps cylindrique contient 136 tubes de 43 *mm* de diamètre extérieur et 2,70 *m* de longueur.

La machine pèse à vide 19 000 *kg* et 21 000 *kg* en service.

Le châssis est extérieur aux roues, les cylindres sont extérieurs, la distribution est du type Walschaerts. Le tender n'est pas exposé. La machine est peinte en vert avec filets rouges et cercles de métal poli sur le corps cylindrique, le châssis est peint en noir.

Les machines russes sont bien exécutées et d'un aspect très satisfaisant, on y trouve des dispositions intéressantes appropriées aux conditions locales d'exploitation ; c'est la première exposition où l'on peut voir de vraies locomotives russes, les rares spécimens qu'on avait pu voir précédemment n'étant guère que des copies de modèles français ou allemands.

Locomotives suisses. — La section suisse contient cinq locomotives à vapeur, toutes exposées par la Fabrique de Locomotives et de Machines de Winterthur. On peut dire que c'est l'atelier de construction qui a l'exposition la plus importante non seulement par le nombre mais aussi par l'intérêt et la variété des modèles. On y trouve en effet une locomotive compound à deux cylindres, une à trois, une à quatre, une locomotive ordinaire et une locomotive de tramways.

Nous trouvons d'abord une locomotive à quatre essieux du Jura-Simplon portant le numéro de fabrication 1271 ; elle a trois essieux accouplés et un essieu porteur à déplacement radial à l'avant, CMM$\overline{\text{P}}$. Il y a trois cylindres, deux à basse pression extérieurs et un à haute pression intérieur. Celui-ci, placé sous la boite à fumée, actionne le premier essieu accouplé, les deux autres placés entre l'essieu porteur et le premier essieu accouplé actionne le second essieu accouplé ; distribution Walschaerts.

Le petit cylindre a 500 *mm* de diamètre et les grands 540, avec 600 de course, ce qui donne un rapport de volume de 2,32. Les roues accouplées ont 1,520 *m* et les roues de support 0,850 *m* de diamètre.

Les essieux accouplés sont écartés de 3,85 et les essieux extrêmes de 6,31 *m*.

La chaudière est timbrée à 14 *atm* ; elle a 2,3 m^2 de surface de grille et 140 de surface de chauffe totale. Le corps cylindrique contient 238 tubes de 50 *mm* de diamètre extérieur et 3,80 *m* de longueur.

La machine pèse 48 000 *kg* à vide et 53 500 *kg* en service, dont 44 000 utilisés pour l'adhérence. Elle est accompagnée d'un tender à trois essieux pesant 11 500 *kg* à vide et 27 000 *kg* avec 11 m^3 d'eau et 4 200 *kg* de combustible.

Le Jura-Simplon possède une quarantaine de machines de ce type pour le service des trains de voyageurs sur profils accidentés.

La seconde machine n° 1286 de fabrication appartient au Chemin de fer Central Suisse, c'est une locomotive à deux essieux moteurs et deux porteurs à l'avant formant bogie MM$\overline{\text{PP}}$. Il y a quatre cylindres, deux intérieurs à haute pression actionnant l'essieu accouplé d'avant, et deux extérieurs à basse pression actionnaant l'essieu accouplé d'arrière. Les distributions sont du type Walschaerts.

Les cylindres ont 330 et 510 *mm* de diamètre avec 600 de course, ce qui donne un rapport de volumes de 2,40. Les roues accouplées ont 1,73 *m* et les roues du bogie 0,850 *m* de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 2,60 *m* et les essieux extrêmes de 7 *m*.

La chaudière est timbrée à 14 *atm*, elle 2,2 m^2 de surface de grille et 130 de surface de chauffe dont 10,4 directe. Le corps cylindrique a 1,44 *m* de diamètre et contient 224 tubes de 45 *mm* de diamètre extérieur et 3,80 *m* de longueur.

La machine pèse vide 44 000 *kg* et en service 49 000 *kg* dont 30 000 *kg* de poids adhérent. Son tender à trois essieux pèse à vide 13 700 *kg* et 30 000 *kg* avec 12 m^3 d'eau et 4 000 *kg* de combustible.

La troisième machine est une locomotive à deux essieux couplés et bogie à l'avant, CM$\overline{\text{PP}}$, compound à deux cylindres intérieurs.

Nous avons déjà décrit ce type, qui appartient au Chemin de fer du Nord-Est Suisse, dans la Chronique de janvier 1900, 1re quinzaine, la machine exposée porte le numéro de fabrication 1266.

Nous rappellerons simplement les dimensions principales : cylindres 460 et 680 *mm* de diamètre et 660 de course, soit un rapport de volumes de 2,20 ; roues accouplées 1,83 *m* ; roues du bogie 0,93 *m* ; écartement des essieux accouplés 2,60 *m*, écartement total 7,20 *m*. Timbré 13 *atm* ; surface de grille 2,18 m^2, surface de chauffe directe 10,4 m^2 et surface de chauffe totale 128,5 m^2 ; diamètre du corps cylindrique 1,434 *m*, tubes au nombre de 220 de 45 *mm* de diamètre extérieur et 3,80 *m* de longueur entre plaques.

La machine pèse 45 500 *kg* à vide et 50 000 *kg* en service, dont 31 000 sur les essieux couplés. Le tender est à trois essieux. Il contient 12 m^3 d'eau et 4 000 *kg* de combustible, il pèse 12 800 *kg* à vide et 29 000 chargé.

La quatrième machine est une locomotive à voie de 1 *m* destinée à la Compagnie Impériale des Chemins de fer Éthiopiens. Elle porte le numéro de fabrication 1225, le nom de *Antilope* et le numéro 6 de la Compagnie. C'est une machine à quatre essieux dont trois accouplés et porteur radial à l'avant, CMCP, chauffée au pétrole.

Le châssis est intérieur aux roues, les cylindres sont extérieurs et horizontaux, la distribution est du type Walschaerts. Les cylindres ont 360 *mm* de diamètre et 550 de course ; les roues accouplées 1,22 *m* et les roues de support 0,700 *m* de diamètre. Les essieux accouplés sont distants de 3 *m* et les essieux extrêmes de 5,10 *m*.

La chaudière est timbrée à 12 *atm* ; elle a 1 m^2 de surface de grille, 6,4 m^2 de surface de chauffe de foyer et 70,4 m^2 de surface totale. Le corps cylindrique, dont le diamètre est de 1,15 *m*, contient 142 tubes de 45 *mm* de diamètre et 3,20 *m* de longueur entre plaques. La machine pèse 24 500 *kg* à vide et 27 000 *kg* en service. Le tender contient 11 000 *l* d'eau et 2 500 *l* de pétrole ; son poids chargé est de 25 000 *kg*.

La dernière machine est une locomotive de tramway du type bien connu dont la Société Suisse a exécuté plus de 300 exemplaires. Elle porte le numéro de fabrication 1 268 et est destinée au tramway de Lyon à Neuville. C'est une machine à six roues couplées avec les cylindres au-dessus des roues et transmission à balancier ; la silhouette de ce type est donnée dans la planche 124, année 1894 du *Bulletin* de la Société.

Les cylindres ont 250 *mm* de diamètre et 350 *mm* de course, les roues 740 *mm* avec un écartement de 1,80 *m* entre les essieux extrêmes. Le timbre est de 14 *kg*, la surface de grille est de 0,45 m^2, la surface de chauffe directe de 2,70 *m* et la surface totale de 25 m^2. La chaudière contient 125 tubes de 1,533 *m* de longueur. Cette machine pèse 13 500 *kg* à vide et 16 000 *kg* avec 1 500 *l* d'eau et 300 *kg* de combustible.

Les machines suisses sont d'une exécution irréprochable et d'un aspect très satisfaisant, le dessin ne laisse rien à désirer. Elles sont, sauf la machine des chemins de fer éthiopiens qui a des couleurs très claires à cause du climat, peintes en noir avec filets rouges, le corps cylindrique et les cylindres étant revêtus de tôles russes à surface oxydée.

Arrivés à la fin de cet examen sommaire des 49 locomotives (1) figurant à Vincennes dans les sections étrangères, nous devrions peut-être résumer ce travail en classifiant ces diverses locomotives à différents points de vue comme nous l'avons fait pour la section allemande; mais ce qui avait une raison d'être pour un pays où le grand nombre de machines exposées permettait de dégager, dans une certaine mesure, les tendances de la construction, est beaucoup moins justifié pour un ensemble général où les comparaisons deviennent à peu près impossibles en présence des conditions d'exploitation propres à chaque contrée. Nous nous bornerons donc à considérer les locomotives exposées au point de vue de la voie et du système de fonctionnement comme moteur à vapeur en ayant soin d'appeler toutefois l'attention sur l'extrême diversité des types qui correspondent à tous les genres de service qu'on rencontre sur les chemins de fer de tous les pays européens et extra-européens, diversité qui est à elle seule un puissant élément d'intérêt.

Voici la division sous le rapport des écartements :

Voies de.	0,60 *m*	0,75 *m*	1 *m*	1,067 *m*	1,435 *m*	1,525 *m*	
Allemagne.	1	»	»	1	12	»	14
Angleterre.	»	»	»	»	6	»	6
Autriche.	»	1	»	»	5	»	6
Hongrie	»	1	»	»	2	»	3
Belgique.	»	»	»	»	6	»	6
Italie	»	»	»	»	3	»	3
Russie.	»	1	»	»	»	4	5
Suisse.	»	»	2	»	3	»	5
	1	3	2	1	39	4	48

On voit que sur 49 locomotives, on en compte 7 à divers écartements réduits contre 42 aux écartements larges, c'est seulement 16,6 0/0 du total. On peut attribuer, dans une certaine mesure, ce fait du très petit nombre des locomotives à voie étroite au développement de la traction électrique, mais il est très certainement dû aussi à ce que les constructeurs qui envoient des locomotives de très loin préfèrent envoyer les modèles qui leur font le plus d'honneur, de même que les grandes Compagnies de chemins de fer ont plus de moyens de faire des dépenses d'exposition que des Sociétés de tramways ou de chemins de fer d'intérêt local.

(1) Nous n'avons pas compté la locomotive des Chemins de fer de l'État français exposée par la maison Baldwin; il nous semble que cette machine figurerait mieux à côté de l'autre locomotive américaine des mêmes Chemins de fer, dans une étude sur les locomotives françaises, que pourra faire, pour notre Bulletin, un Collègue plus autorisé. Mais nous avons compté les trois locomotives dont il est question dans le supplément qui termine cet article.

Sous le rapport de l'emploi du système compound, nous trouvons les résultats suivants :

	Simples	COMPOUND 2 cylindres	3 cylindres	4 cylindres	Total
Allemagne	4	6	»	4	10
Angleterre	5	»	»	1	1
Autriche	2	4	»	»	4
Hongrie	1	1	»	1	2
Belgique	6	»	»	»	»
Italie.	1	1	»	1	2
Russie	1	2	»	2	4
Suisse	2	1	1	1	3
	22	15	1	10	26

On voit, d'après ce tableau, que, sur 49 machines (1), 26 sont du système compound, ce qui donne une proportion de 53 0/0; mais, si on ne compte que les machines à voie large, c'est-à-dire les grosses locomotives, on trouve 25 compound sur un total de 42, ce qui élève la proportion à 60 0/0.

Les nombres des compound sont très différents selon les pays, comme on l'a vu par le tableau précédent; mais on jugera mieux des proportions par le suivant, qui donne ces proportions par rapport au total et par rapport au nombre des machines à voie large.

PAYS	NOMBRES DE LOCOMOTIVES TOTAL	à VOIE LARGE	PROPORTION DES COMPOUND pour LE TOTAL	pour la VOIE LARGE
			0/0	0/0
Allemagne.	14	12	71,5	75
Angleterre.	6	6	16,6	16,6
Autriche	6	5	66,6	80
Belgique	6	6	»	»
Hongrie.	3	2	66,6	100
Italie	3	3	66,6	66,6
Russie	5	4	80	100
Suisse.	5	3	60	100
	48	41	60	89

(1) Dans ce chiffre de 49 figure la machine américaine dont il est question au supplément et qui n'est pas indiquée sur les tableaux.

Nous pouvons dire ici que la proportion des compound sur la totalité des machines exposées à Vincennes est de 54,5 0/0 (36 sur 66) et pour les machines à voie large, de 61,5 0/0 (35 sur 57). Cette moyenne générale est légèrement relevée par la proportion un peu plus grande dans la section française pour laquelle on trouve les chiffres respectifs de 59 et 67 0/0 (1).

Si on considère que, à de rares exceptions près, toutes les compound exposées appartiennent à des types courants et existant déjà à un grand nombre d'exemplaires, on ne peut contester que le développement énorme du système compound ne soit la caractéristique de l'exposition des locomotives à Vincennes. Cette exposition est évidemment une révélation pour les personnes qui ont pu prendre au sérieux les allégations intéressées des adversaires du système (2). Un fait intéressant est que tous les systèmes de machines compound sont représentés. C'est encore le type à deux cylindres qui a la majorité, au moins dans les sections étrangères, il représente 60 0/0 contre 3 1/2 pour le type à trois cylindres et 36,5 pour celui à quatre cylindres. Ce fait permet d'apprécier le bien fondé des assertions émises il y a deux ans dans un travail lu devant la Société (*Bulletin* de juin 1898), où il était dit qu'on ne construisait plus de locomotives à deux et trois cylindres. Nous pouvons ajouter qu'à côté du développement du système compound, on peut constater à Vincennes un autre fait qui lui est corrélatif, c'est l'absence complète des distributions dites perfectionnées.

On voudra bien nous permettre de rappeler en terminant que, sur les 36 locomotives compound exposées à Vincennes, 17 dérivent directement de notre locomotive compound de l'Exposition de 1878 et que trois autres appartiennent au type inauguré par nos petites locomotives du chemin de fer intérieur de l'Exposition de 1889.

La revue que nous venons de faire des locomotives étrangères est certes très incomplète, elle présente bien des lacunes et probablement quelques erreurs involontaires pour lesquelles nous sollicitons l'indulgence de nos lecteurs ; son seul mérite est d'avoir pu paraître pendant l'Exposition ; elle pourra ainsi être utile à quelques-uns de nos Collègues pour les guider dans une visite à Vincennes ; c'est tout ce que nous désirons.

Supplément. — L'arrivée tardive à Vincennes de quelques locomotives des sections étrangères, nous oblige à donner, sous forme de supplément, les détails que nous avons pu recueillir sur ces machines.

Section belge. — La Société Anonyme des Forges, Usines et Fonderies de Haine-Saint-Pierre et la Société Anonyme de Saint-Léonard ont envoyé chacune une locomotive. Ces deux machines appartiennent au

(1) C'est l'absence de locomotives compound dans la section belge et leur faible proportion dans la section anglaise qui abaisse pour l'ensemble des sections étrangères la proportion moyenne, alors que, comme on le voit dans le tableau précédent, les rapports sont très élevés dans les autres pays.

(2) Un journal américain disait, ces jours-ci : « On nous racontait que le système compound perdait beaucoup de terrain sur les chemins de fer en Europe ; on ne s'en douterait guère en visitant l'Exposition de Vincennes. »

type 30 des Chemins de fer de l'État Belge dont elles portent les numéros 2 513 et 2 514; ce sont des locomotives à marchandises à six roues couplées CMC à tender séparé.

Le châssis est intérieur aux roues, les cylindres sont intérieurs et légèrement inclinés; les tiroirs sont placés verticalement entre les cylindres et sont actionnés par des coulisses Stephenson à double manœuvre, à bras et à air comprimé.

Le foyer est sur l'essieu arrière, il contient une petite voûte en briques ; le régulateur à tringle intérieure est dans un dôme sur le milieu du corps cylindrique. Les trois essieux sont freinés, les sablières sont sous le tablier, Chaque essieu a sa suspension indépendante avec les ressorts sous les boites à huile.

Les cylindres ont 0,457 *m* de diamètre et 0,660 *m* de course; les roues 1,520 *m* de diamètre avec 4,572 *m* d'écartement des essieux extrêmes.

La chaudière, timbrée à 11 *atm*, a 2,52 m^2 de surface de grille et 114,45 m^2 de surface de chauffe totale, dont 13,10 directs. Le corps cylindrique a 1,358 *m* de diamètre et contient 215 tubes de 45 *mm* de diamètre extérieur et 3,27 *m* de longueur.

La machine pèse 42 000 *kg* à vide et 46 000 *kg* en service. Le tender n'est pas exposé. La locomotive de Haine-Saint-Pierre est peinte en brun avec bandes noires et filets rouges, la locomotive de Saint-Léonard est peinte en couleur gris foncé, la première porte le numéro de construction 144, la seconde le numéro 1 265.

Ces machines sont très bien exécutées, quant au type auquel elles appartiennent, on peut dire que s'il est très ancien, c'est probablement encore le meilleur pour locomotives à marchandises de puissance modérée.

Il est arrivé aussi à Vincennes une locomotive américaine envoyée par les Richmond Locomotive Works, mais à la date du 15 septembre, cette machine avait encore une partie de ses pièces dans des caisses qu'on ne paraissait pas pressé d'ouvrir, le montage n'était pas commencé. Nous nous bornerons à dire que c'est une locomotive du type à 10 roues, ayant trois essieux accouplés et deux porteurs formant bogie à l'avant, CMC$\overline{\text{PP}}$. Nous devons cependant signaler la disposition singulièrement primitive du bogie. On s'explique parfaitement, en étudiant ce genre de construction, qui n'a aucun rapport avec la pratique européenne, les bas prix auxquels peuvent arriver les fabricants de locomotives des États-Unis.

En dehors des machines exposées à Vincennes, nous croyons utile de signaler quelques modèles et dessins de locomotives figurant au Champ-de-Mars dans plusieurs des sections étrangères.

On trouve dans l'exposition du Génie civil, section autrichienne, un très beau modèle de la locomotive du chemin de fer métropolitain de Vienne dont nous avons parlé plus haut.

Dans la section hongroise, figurent cinq modèles de locomotives des chemins de fer de l'État Hongrois, ces modèles, au cinquième de grandeur naturelle sont remarquablement exécutés ; nous les avions déjà vus en 1897 à l'Exposition de Bruxelles, où ils avaient vivement attiré l'attention. Ce sont :

1° Une locomotive à deux essieux accouplés à mécanisme extérieur pour ligne à voie étroite ;

2° Une machine compound à quatre essieux accouplés, type IV c. à châssis et mécanisme extérieurs ;

3° Une locomotive mixte pour adhérence et crémaillère système Abt, type IV b. pour la ligne de Tiozolcz-Erdokoz.

4° Une locomotive tender pour ligne d'intérêt local à trois essieux couplés, châssis et mécanisme extérieurs, type XII ;

5° Une locomotive pour trains express, catégorie I e, à deux essieux accouplés et bogie à l'avant, châssis et mécanisme extérieurs ;

6° Une locomotive express, catégorie I a, à deux essieux couplés et bogie à l'avant, châssis intérieur et mécanisme extérieur.

On voit également le modèle d'un chasse-neige rotatif appartenant aux chemins de l'État Hongrois et construit par la Société des Ateliers de Construction de Görlitz, cet appareil pèse 44 000 *kg* et est actionné par une machine à vapeur de 500 *ch*.

Nous signalerons, dans la section russe du Génie civil les dessins de deux types de locomotives du chemin de fer de Moscou-Kazan, savoir : une machine compound à deux cylindres, à quatre essieux couplés et une machine compound à deux cylindres et trois essieux couplés avec bogie à l'avant.

Nous attirerons également l'attention sur les dessins et photographies exposés par la Société du Chemin de fer Moscou-Windau-Rybinsk, d'un type de locomotive très peu connu. C'est une machine à quatre essieux accouplés et essieu porteur à l'avant, du type compound tandem.

Les petits cylindres sont à l'avant des grands dans le même axe qui est légèrement incliné. Les cylindres ont 400 et 600 *mm* de diamètre avec 600 *mm* de course ; les roues ont 1,27 *m* de diamètre. La pression est de 12 *atm*, la surface de grille est de 2,34 m^2 et la surface de chauffe de 155. La machine pèse à vide 55 000 *kg* et en charge 59 000, dont 52 000 sont utilisés pour l'adhérence. Ce type est dû à notre regretté collègue Borodine, et les premiers exemplaires ont été exécutés aux ateliers de Belfort de la Société Alsacienne de Construction Mécanique. Il est intéressant d'ajouter qu'il y a, d'après une mention inscrite sur le dessin, 102 locomotives de ce modèle en service.

Nous avons dit quelques mots, en parlant de la section allemande, de la locomotive à surchauffeur de Borsig. Cette machine, qui est une des plus intéressantes de l'Exposition, mérite mieux que les indications sommaires que nous avons pu donner plus haut. Il nous paraît utile d'y revenir.

Le surchauffeur est du système bien connu de Wilhelm Schmidt dont nous nous sommes déjà occupé ici (Voir *Chroniques* de février et mars 1895). La surchauffe de la vapeur ne s'opère pas par les gaz de la boîte à fumée dont la température serait tout à fait insuffisante, mais par une prise directe des gaz du foyer, opérée par un tube de 0,25 *m* de diamètre placé dans le bas du corps cylindrique, parallèlement aux tubes à fumée ordinaires. Autour de la boîte à fumée se trouve ménagée une chambre circulaire, dans laquelle sont disposés des tubes enroulés circulaire-

ment, ces tubes ont 30 *mm* de diamètre intérieur ; à la partie inférieure ils sont contournés en demi-cercle de manière à former une voûte correspondant au débouché du tube à flamme venant du foyer. Leurs extrémités supérieures débouchent dans des chambres placées latéralement à la boite à fumée à sa partie supérieure. A ces chambres se rattachent les tuyaux de vapeur venant de la chaudière et allant aux cylindres. Des clapets pouvant être manœuvrés par le machiniste permettent de régler ou même de supprimer le passage des gaz chauds dans la chambre de surchauffe. La surface des tubes est de 28 m^2 ; elle permet d'obtenir une température de 300 à 330° C.

La machine exposée est la troisième munie d'un réchauffeur, la première fonctionne depuis deux ans. Avec quelques précautions pour les garnitures et le graissage qui se fait par une pompe foulante, on ne parait pas avoir éprouvé de difficultés sérieuses, par suite de la température élevée de la vapeur.

Dix ans de science *(suite et fin).* — On fonde sur la télégraphie sans fils de grands espoirs qui semblent justifiés. Les transmissions à 100 *km* ont déjà été réalisées et constituent un précieux moyen de communication des postes isolés, des villes assiégées, des navires entre eux ou avec la côte.

Un service, inauguré par M. Marconi dans la traversée de l'Atlantique, a permis de rester en communication avec le continent américain pendant plusieurs heures après le départ et de recevoir des nouvelles d'Europe, bien avant que les côtes fussent en vue.

Il est évident que la télégraphie sans fils par l'onde électrique n'est pas autre chose que de la télégraphie optique. On peut donc se demander où réside son avantage sur cette dernière.

La réponse à cette question se trouve déjà dans l'œuvre de Fresnel. Le grand physicien, qui ne connaissait pourtant que le spectre visible, avait montré que l'absorption d'une onde dans un milieu contenant des corpuscules opaques est d'autant moindre que la longueur d'onde est plus grande.

L'expérience a confirmé cette déduction bien au delà de ce que Fresnel pouvait connaître. Elle a montré que les ondes hertziennes franchissent les corps grenus à la condition que le milieu, dans son ensemble, soit mauvais conducteur de l'électricité. Elles traversent les neiges et les brumes, les bois, la pierre qui opposent à la lumière ordinaire des obstacles infranchissables.

De plus, la diffraction est d'autant plus intense que la longueur d'onde est plus grande. Les ondes électriques contournent les obstacles à peu près comme les ondes sonores du même ordre de grandeur. La télégraphie par ondes électriques peut donc avoir lieu par tous les temps, à travers tous les corps mauvais conducteurs de l'électricité, avec des appareils transmetteurs ou récepteurs qui n'ont pas besoin d'être orientés rigoureusement. C'est un précieux avantage dans tous les cas où la ligne joignant les deux appareils est mal déterminée ; mais cette diffusion des ondes dans toutes les directions de l'espace est un inconvénient ca-

pital pour le secret des communications et pour leur clarté si plusieurs transmetteurs sont dans le rayon d'action l'un de l'autre.

Les divers phénomènes que nous venons de passer en revue et leurs applications sont une conséquence logique des idées de Faraday et de Maxwell, ainsi que de l'expérience fondamentale de Hertz. Mais ce qu'aucun homme de génie ne pouvait prévoir, c'est la façon dont les organismes vivants se comportent lorsqu'ils sont traversés par des ondes électriques de haute fréquence.

On sait, depuis la mémorable expérience de Galvani, que des décharges électriques, même de faible intensité, dans les filets nerveux, produisent des contractions musculaires souvent intenses.

On sait aussi, depuis longtemps, que ces contractions se produisent chez des êtres ne présentant aucune sensibilité particulière, lorsque les courants sont rapidement variables ou alternatifs. On aurait donc pu croire que les ondes électriques de haute fréquence produiraient des effets de tétanisation extraordinaires et absolument insupportables. Mais l'expérience tentée par M. d'Arsonval et M. Tesla donna un résultat en opposition directe avec les prévisions. Des ondes de haute fréquence, conduites directement d'un point à un autre de la surface d'un être vivant, semblèrent ne l'affecter en aucune façon. L'expérimentateur s'y soumettant lui-même n'éprouva aucune sensation particulière.

On pensa, pendant quelque temps, que les courants se propageaient en surface et, n'atteignant pas les couches profondes, n'avaient pas l'occasion de s'y manifester. Mais des expériences de deux ordres distincts montrèrent que cette idée était erronée.

En réalité, ces courants pénètrent l'organisme dans son entier et, s'ils n'y produisent aucune action nerveuse directement observable, s'y manifestent par d'autres actions qu'il est aisé de mettre en évidence. Les échanges respiratoires sont activés, les combustions sont plus intenses et plus complètes et, sans faire aucun mouvement, le sujet soumis à l'expérience subit sans fatigue apparente les actions que produirait un exercice immodéré.

Les conséquences de ces observations, au point de vue physiologique et spécialement médical, sont fort importantes. Nous souffrons tous plus ou moins d'un défaut d'équilibre entre les gains et les pertes de notre organisme. Nos combustions sont incomplètes, nous conservons des résidus et nous nous trouvons dans des conditions analogues à celles d'une machine à vapeur dont on laisserait entartrer la chaudière et dont on ne nettoierait jamais complètement la grille. L'arthrite, le diabète, d'autres maladies encore des sédentaires sont une conséquence de ce déplorable état de choses.

Les observations du docteur d'Arsonval prenaient, dès lors, une très grande importance pratique. Des médecins les employèrent avec grand succès tandis que des constructeurs réalisèrent des appareils permettant d'appliquer à l'organisme vivant la haute fréquence sous toutes ses formes. La plus singulière consiste à placer le sujet à l'intérieur d'une bobine dans laquelle circulent les courants. L'induction se produit alors directement ; le patient est comme le secondaire de la bobine, chaque volume infiniment petit de son corps devenant le siège d'un courant

induit. Qu'il arrondisse le bras en cercle, il verra jaillir des étincelles entre ses doigts en regard ou qu'il tienne entre ses mains les conducteurs d'une lampe à incandescence, il la verra s'allumer (1).

Si les relations prévues entre la lumière et l'électricité nous ont permis, à la fois, d'étendre indéfiniment notre connaissance du spectre du côté des fréquences moindres que celles de la lumière et de réaliser, du même coup, de belles et grandioses inventions, d'autres relations qu'aucun physicien n'avait soupçonnées ont ouvert à la science un domaine nouveau et imprévu sur toute une série de radiations si singulières, si inattendues, que le premier contact avec elles fut absolument déconcertant, même pour ceux que rien n'étonne.

Depuis fort longtemps on étudiait les décharges électriques dans les gaz raréfiés ; on s'était même livré, au sujet des phénomènes qui les accompagnent, d'homériques combats.

Une partie des phénomènes s'accordait si bien avec l'idée d'un mouvement matériel, soutenue par le célèbre philosophe anglais W. Crookes, que son hypothèse eut un moment de grande vogue. On admit, à son exemple, que les gaz à très basse pression possédaient des propriétés caractérisées par l'individualité complète des molécules et résumées dans la dénomination de *matière radiante*.

D'autres physiciens s'attachaient à démontrer, avec de non moins bons arguments, qu'il était à peu près impossible d'expliquer les phénomènes observés par un flux de matière. Or, chose singulière, pour compenser les cas très nombreux en science où tout le monde a tort, il semble que, au sujet des phénomènes qui nous occupent, tout le monde avait raison, pour une cause bien simple, c'est que les faits observés autour des tubes de Crookes se composent de deux groupes absolument distincts, les uns matériels, les autres éthérés. Vous connaissez tous l'éclatante découverte du professeur Rœntgen. Ayant enfermé un tube de Crookes dans un écran en papier noir, il vit, à une certaine distance de ce tube, des cristaux de platino-cyanure de baryum donner une faible lueur ; un examen rapide des circonstances de cette luminescence lui montra que sa cause première devait être cherchée dans le tube lui-même, qui était la source d'une forme encore inconnue d'énergie; poursuivant sa recherche, il trouva ce fait capital que ces rayons se propagent en ligne droite, quelles que soient les surfaces traversées et cette autre propriété, qui frappe davantage peut-être les personnes peu familiarisées avec les phénomènes physiques, que l'opacité des différents milieux pour ces rayons n'a aucun rapport avec le pouvoir absorbant pour les ondes éthérées connues jusque-là. Ces radiations possèdent, outre le pouvoir d'illuminer certaines substances, celui d'impressionner les plaques photographiques.

Ces faits, énoncés dès la première communication du professeur Rœntgen à la Société Physico-Médicale de Wurtzbourg, créaient une branche nouvelle d'activité : la radiographie et la radioscopie.

Tout le monde se souvient de l'immense retentissement qu'eurent ces

(1) Les expériences mentionnées ici et quelques autres ont été exécutées après la conférence par M. Gaiffe à qui l'on doit de nombreux perfectionnements apportés aux appareils de haute fréquence.

révélations. De toutes parts on se mit à l'œuvre; chacun voulait trouver un fait nouveau et le gros public lui-même, d'ordinaire si indifférent aux plus belles découvertes, le public, qui ignorait les noms de Maxwell et de Hertz, se porta en foule dans les laboratoires et aux séances des sociétés savantes où il espérait satisfaire sa curiosité.

La découverte des rayons que M. Roentgen baptisa du nom de Rayons X, pour faire toucher du doigt le grand point d'interrog tion qui les enveloppait, eut le singulier bonheur d'apporter, tout à la fois, un fait scientifique de la plus haute importance et de merveilleuses applications.

Employés partout à l'investigation des espaces où notre regard ne peut pénétrer, ils permettent de préciser la position de corps étrangers dans notre organisation, la nature d'une fracture ou d'une malformation, épargnant ainsi des recherches souvent longues et douteuses qui, malgré la meilleure méthode et la plus grande perspicacité, conduisent parfois le médecin ou le chirurgien sur une fausse voie, au plus grand détriment du malade. Ce côté de la découverte du professeur Roentgen, qui a permis d'éviter bien des souffrances, assure à son auteur une des meilleures places parmi les bienfaiteurs de l'humanité.

La découverte des rayons X terminait, de la façon la plus imprévue, une lutte dont il était difficile de prévoir l'issue. Il devenait évident que, si l'on n'était pas tombé d'accord jusque-là sur la nature des phénomènes qui se passent à l'intérieur et autour du tube de Crookes, c'est qu'il était impossible d'assigner à ces phénomènes une origine unique. On se trouvait en présence de deux catégories de faits essentiellement distincts: la théorie de Crookes subsistait tout entière, mais n'embrassait qu'une partie des faits, tandis que les autres lui échappaient totalement. Mais ces derniers étaient si nouveaux, ils cadraient si peu avec tout ce que nous savions déjà des radiations, que les plus grands physiciens erraient à l'envi autour d'eux sans apporter aucune théorie absolument satisfaisante. Sur leur production, on tomba assez rapidement d'accord.

Puisque la théorie de Crookes était viable, on admit aisément que les particules de matière, violemment repoussées de l'électrode négative du tube, frappaient la paroi opposée avec une très grande vitesse et déterminaient, au point d'impact, des vibrations d'une nature particulière qui, à leur tour, engendraient les rayons X.

Nous revenons aux relations entre la matière et les ondes éthérées effleurées tout à l'heure. La cause immédiate des rayons X semble bien être une vibration moléculaire, mais une vibration désordonnée, comparable à celle d'une cloche recevant une grêle de balles.

C'est cette théorie d'ondes non périodiques, sans cesse renaissantes par de nouveaux impacts, qui, dans l'idée de sir G. G. Stokes, semble le mieux cadrer avec tous les faits.

Cette découverte de M. Roentgen devait en engendrer de plus étonnantes encore, sur lesquelles je devrai, je le regrette, être très bref. A la suite d'une observation de M. H. Becquerel, qui avait découvert auprès d'un morceau d'uranium des rayons semblables aux rayons Roentgen, M. et Mme Curie se mirent à rechercher, par une méthode nouvelle

qu'ils avaient imaginée, des corps possédant cette propriété à un degré exagéré. Après de longs et pénibles travaux, ils réussirent à isoler des substances ayant toutes les propriétés d'un tube Crookes actionné par des décharges électriques. Ces substances, dont on n'a pu avoir jusqu'ici que des préparations mélangées de baryum et de bismuth et que M. et Mme Curie ont nommé *polonium* et *radium*, émettent constamment des rayon capables de noircir les préparations photographiques, d'illuminer les écrans et de traverser des corps opaques à la lumière tels que les métaux.

En outre, le radium donne une émission de particules matérielles se propageant en ligne droite avec une prodigieuse vitesse et déviées seulement par un champ magnétique ou un champ électrique. Ces particules sont chargées d'électricité et sont, en tous points, analogues à la décharge étudiée par M. Hittorf et sir W. Crookes. L'existence de ces corps est le plus grand mystère dont l'étude soit proposée actuellement aux physiciens.

Si brillantes que soient ces découvertes dans le domaine de l'optique et de l'électricité, si terne que semble, en comparaison, l'étude des propriétés de la matière, nous avons vu, en maint endroit, le contact intime entre ces deux ordres d'idées et l'impossibilité de les séparer entièrement les unes des autres. La molécule matérielle, considérée aujourd'hui comme le générateur des ondes lumineuses qui ne sont elles-mêmes que des ondes électriques de très haute fréquence, la production des rayons de Rœntgen par des chocs moléculaires et, pour finir, l'existence du radium nous montrent combien de mystères de la physique de l'éther seraient à éclaircir si les propriétés de la matière étaient mieux connues. Aussi, un peu négligée, pendant un certain temps, l'étude de la matière est de nouveau en honneur. En dehors d'une science nouvelle qui prend cette étude pour objet unique, la *physico-chimie*, de nombreux travaux expérimentaux de physique et de chimie pure lui sont aujourd'hui consacrés. Les relations entre la matière et l'éther indiquent le programme d'une partie de ces recherches. Mais il en est d'autres qui, pour le moment, sont purement matérielles. Je citerai, notamment, l'étude des alliages par les deux procédés des températures de fusion et de micrographie. Cette direction nouvelle donnée aux recherches a révolutionné nos connaissances des mélanges des métaux ; elle nous a révélé l'existence dans les alliages de combinaisons en proportions définies au lieu de simples mélanges en toutes proportions que l'on admettait autrefois ; elle a montré les conditions de formation des alliages et celles desquelles dépendent leurs propriétés. Elle a conduit directement à créer des alliages nouveaux obtenus non plus par des essais nombreux et faits au hasard, mais par une voie sûre dans laquelle le résultat a très souvent confirmé les prévisions. L'idée, de mieux en mieux établie, de la diffusion des métaux dans des cas bien déterminés, de l'absence de diffusion dans d'autres, rend compte de l'existence possible de mélanges homogènes ou de mélanges hétérogènes ou liquatés, et donne pour la pratique les plus précieuses indications. L'immense développement industriel dû à la production économique de l'énergie électrique par la machine dynamo

a conduit aussi, en dehors des applications déjà anciennes à l'éclairage et aux transports de toutes sortes, à des études très nouvelles et déjà fructueuses. A la température extrêmement élevée qui s'établit au point d'où jaillit l'arc électrique, les corps n'existent plus à l'état de combinaisons, ils se dissocient et c'est ainsi que l'on a pu obtenir aisément, au moyen du four électrique, des corps que l'on n'avait guère isolés jusqu'ici. A la préparation de plusieurs de ces corps restera attaché le nom de M. Moissan.

En même temps que le four nous faisait passer d'un bond de la température de 2 000° environ, que donne le chalumeau oxhydrique, à celle de 3 500° correspondant à l'ébullition et à la dissolution du carbone dans l'air; d'un autre côté partant des expériences de M. Cailletet et de M. Pictet, de Wroblewski, de M. Olszewski, des physiciens et des industriels réalisaient des machines susceptibles de fournir l'air liquide en grande quantité. M. Linde, M. Hampson livrent aujourd'hui des appareils donnant des hectolitres d'air liquide par heure et réalisant industriellement des températures de 180 à 190° au-dessous de zéro. M. J. Dewar est allé beaucoup plus loin. Refroidissant dans de l'air liquide, sur lequel on faisait le vide, de l'hydrogène fortement comprimé, il réussit en le détendant à le liquéfier à son tour en quantités suffisantes pour permettre de déterminer sa température sous diverses pressions et ses plus importantes propriétés. On a pu arriver ainsi à moins de 10° du zéro absolu. C'est-à-dire que l'on touche de ce côté aux limites de ce qui est connaissable.

Les applications pratiques des gaz liquéfiés sont déjà nombreuses et considérables; l'avenir nous en montrera mieux toute l'importance.

Revenons sur nos pas; nous avons vu cette simple idée de l'oscillation éthérée grandir et s'étendre, envahir l'optique et l'électricité et conduire à un domaine que l'on pourrait appeler l'hyperoptique. Nous l'avons vue élargir indéfiniment des notions qui étaient comme atrophiées il y a moins d'un quart de siècle. Nous l'avons vue aussi servir au bien de l'humanité dans des applications qui, totalement ignorées il y a dix ans, tiennent aujourd'hui une place considérable et qui ne fera que grandir. L'étude de l'oscillation de l'éther nous fait remonter à sa source la plus ordinaire qui est la matière et nous avons touché du doigt le puissant intérêt que présente son étude. Enfin, le développement parallèle immense de la science et de l'industrie, dans les dix années qui viennent de s'écouler, a mis aux mains des praticiens des éléments nouveaux d'investigation dépassant en puissance les rêves les plus beaux des physiciens qui furent nos maitres.

Que sera la science de demain? Bien hardi qui le dira. Mais son passé le plus récent est pour nous un précieux gage de l'avenir. Demandera-t-on encore à quoi servent les recherches des laboratoires? Si des esprits chagrins ont pu en exprimer quelques doutes autrefois, les succès éclatants remportés par l'alliance de la science et de l'industrie ont été la meilleure réponse qu'il eût été possible de leur donner.

Ce serait d'ailleurs mal comprendre la science que d'exiger d'elle autre chose que la mise au jour de faits précis et leur coordination en

des théories de plus en plus compréhensives, embrassant d'un seul regard des domaines grandissants, aperçus de cimes de plus en plus élevées.

Soyons indulgents au chercheur, sachons attendre longtemps l'accomplissement de ses promesses ; la vision intérieure intense par les yeux de l'esprit l'aveugle parfois et ne lui laisse pas voir les réalités, mais c'est à vous de les saisir ; c'est de vous, mes chers Camarades, qui pour la plupart, consacrez vos efforts aux applications de la science, que l'humanité attend les progrès visibles pour tous et qui augmenteront son bien-être.

Votre tâche est grande et belle aussi et vous n'y avez pas failli, car c'est vous qui, vous laissant guider par l'esprit scientifique, avez porté en tous les pays du monde le grand renom de votre École, par des travaux qui feront l'étonnement des générations futures.

Nouveaux chemins de fer au Caucase. — Nous devons à l'obligeance de notre Collègue, M. L. Journolleau, l'intéressante note qui suit :

Le Comité des travaux neufs au Ministère des voies de communication a autorisé la construction de trois lignes de chemins de fer au Caucase. Nous allons les passer en revue successivement en nous inspirant des informations que publie à ce sujet la *Torgovo-Promychlenaïa-gazeta*, organe officieux du Ministère des finances.

Le littoral de la mer Noire, région agricole et vinicole autant que minière est dépourvue de toute voie de communication. Le cabotage, qui devrait y rendre des services, est peu important, ce qui peut être attribué à la mauvaise installation des ports et à la violence des tempêtes sévissant sur la mer Noire très profonde dans ces régions. Actuellement une chaussée est en construction, mais le gouvernement russe, la jugeant insuffisante, a décidé la création d'une ligne de chemin de fer réunissant le port de Novorossiysk au Transcaucasien et desservant les deux versants de la chaîne du Caucase. Le tracé définitif prend son point de départ entre les stations de Dinskaïa et Stanitchnaïa, sur le chemin de fer de Vladicaucase, passe par les stanitsas cosaques de Bjédoukhovsk et Tchernigoff, traverse les cimes du Caucase à la chaussée de Maïkope, dessert le bourg de Touapcé, longe le littoral jusqu'à Soukhoume-Kalé où il doit aboutir provisoirement. Sa longueur sera de 424 verstes (435 *km*) Il y a un projet de prolongation de 125 verstes (134 *km*) de Soukhoume à la station de Novo-Sénaki du Transcaucasien. Ce tracé total raccourcirait de 682 verstes (760 *km*) la distance entre Tiflis (capitale du Caucase) et Rostoff sur le Don (port de l'Azoff).

La ligne (à voie normale de cinq pieds = 1,524 *m*) desservira en outre le gisement houiller de Tkvartchelsk, appartenant à l'État.

Au point de vue financier, M. von Hartmann (qui avait été chargé des études en 1898) est autorisé à créer une Société au capital de 24 millions de roubles (64 millions de francs) dont un quart capital-actions et trois quarts capital-obligations avec garantie d'État à 4 0/0.

La durée de la concession est de 85 ans avec droit de rachat dans 25 ans. Pendant la période de construction, qui ne devra pas durer plus

de 3 ans et demi, le gouvernement s'engage à servir un intérêt de 4 0/0 sur le capital; par contre, tout revenu dépassant 5 0/0 et provenant de l'exploitation de la ligne devra être partagé entre les actionnaires et l'État, qui rentrera ainsi dans ses débours.

Sur le capital total, 21 700 000 roubles (57 millions 1/2 de francs) sont destinés à la construction du chemin de fer proprement dit et 2 300 000 roubles (6 millions 1/2 de francs) au développement des stations climatériques hivernales dans cette partie de la Russie si favorisée par la nature.

La deuxième autorisation du comité porte sur le projet de chemin de fer (à voie normale) de la Kakhétie, d'une longueur de 167 verstes (180 *km*) et devant desservir les régions vinicoles de Tsinondal et de la Kakhétie (Caucase).

Prenant son point de départ à la station d'Avtchaly (près Tiflis) ce tracé traversera Akhméth, Telaw et Signakh jusqu'au village de Sakobo avec possibilité de prolongement ultérieur jusqu'à la station d'Evlakh sur le Transcaucasien. Le trafic prévu est de 11 555 000 pouds (190 000 *t*) dont 9 855 000 pouds à l'expédition et 1 700 000 pouds à la réception.

Le coût total de la ligne, y compris le matériel roulant, est estimé à 8 500 000 roubles (22 millions 1/2 de francs) que les promoteurs du projet, MM. le prince Tchavtchavadjé et l'Ingénieur Simberg, pensent réaliser par l'émission d'un capital-actions de 1 700 000 roubles pour 6 800 000 roubles de capital-obligations. Les fondateurs ne demandent aucune garantie d'État, si ce n'est une avance annuelle de 650 000 roubles pendant les dix premières années d'exploitation et le transport au tarif de service sur le Transcaucasien des matériaux indispensables à la construction. La durée de la concession est de 60 ans avec droit de rachat dans 20 ans. Dans le cas où les dix premières années d'exploitation ne suffiraient pas au remboursement des avances consenties par l'État ou n'assureraient pas le service du capital-obligations, les fondateurs se réservent le droit de participer aux plus-values de recettes que le trafic de la nouvelle ligne vaudra au Transcaucasien en comptant les frais d'exploitation à raison de 1/100 de cop. le poud-verste.

Quant à la dernière autorisation elle concerne le raccordement de chemin de fer des mines de Sadonsk, d'une longueur de 55 verstes (59 *km*) devant desservir l'usine minéralurgique d'Alaguir (Caucase du Nord). Il traversera les régions militaires des Cosaques du Térek, habitées en même temps par la peuplade des Ossétines. Partant du chemin de fer de Vladicaucase, la nouvelle ligne traversera les gorges d'Ardone, pénétrera dans une région plate et agricole, formée de terrenoires très fertiles, franchissant la rivière de l'Argone, elle traversera d'importantes forêts, situées au pied de montagnes très riches en minerais de plombs argentifères, de cuivre et surtout de minerais de zinc. Jusqu'à présent le mauvais état des voies de communication n'a pas permis une exploitation active des mines d'Alaguir, affermées par l'État à la Société du même nom. Pourtant les prospections et travaux de recherche permettent d'estimer que la réserve en minerai est d'environ 400 millions de sagènes cubes, dont 100 millions de pouds (1 640 000 *t*)

de plombs argentifères et 400 millions de pouds (6 555 000 *t*) de minerai de zinc.

Les régions traversées sont peuplées par 60 000 habitants, répartis sur 300 000 déciatines (1,09 *ha*), cette population contribuera pour sa part au trafic très important que la Société d'Alaguir, promotrice du projet, assurera au nouveau chemin de fer.

Le coût du tracé est estimé à 5 296 000 roubles que la Société d'Alaguir se propose de réaliser par émission de 1/3 en actions et 2/3 en obligations, sans garantie d'État.

On a prévu la possibilité de prolonger cette ligne à voie normale, à travers la chaine du Caucase.

Pour la Chronique :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Le concours de moteurs de « la Locomotion automobile », par G. Sencier.

Il y a trop fréquemment une certaine exagération commerciale dans la force attribuée aux moteurs à pétrole des automobiles, force qu'on se garde le plus souvent de bien définir. Aussi le journal *la Locomotion automobile* a-t-il organisé, avec le concours de quelques constructeurs ou propriétaires, une série d'essais précis qui sont relatés dans la brochure de M. Sencier. Malheureusement, plusieurs moteurs ont donné des résultats inférieurs à ceux que les constructeurs attendaient; ceux-ci ont désiré que les résultats ne soient pas publiés, et l'on a cru devoir accéder à ce désir.

Les expériences étaient de deux sortes : essais des moteurs au frein, essais de puissance des voitures à la jante.

Les premiers se faisaient au frein à corde, avec dynamomètre enregistreur; ils étaient répétés sept ou huit fois pour chaque moteur. Nous n'indiquerons pas les forces obtenues, d'autant que, par une réserve bien compréhensible, mais que nous regrettons, on n'a pas mis en regard de ces forces celles qui figurent aux catalogues de vente. La même réserve fait qu'on n'a pas communiqué les enseignements qui ont dû résulter de la comparaison entre les conditions d'établissement des divers types expérimentés.

Les essais à la jante se faisaient en immobilisant les roues porteuses, en posant les roues motrices sur deux rouleaux en bois, montés sur un arbre, et en mesurant au frein la puissance disponible sur les rouleaux. MM. Bourlet et Desjacques imaginèrent à cet effet une méthode ingénieuse pour déterminer le travail absorbé par les rouleaux dans leurs paliers. Il a été constaté que, dans les voitures actuelles, on perd dans les transmissions à peu près la moitié de la puissance développée par les moteurs; le tricycle, grâce à la simplicité de ses organes, subit une perte beaucoup moindre, ce qui suffirait à démontrer la nécessité de simplifier le mécanisme des automobiles qui, d'ailleurs, ne se vulgariseront qu'à cette condition. Mais la mode est aux organes compliqués, aux vitesses absurdes, aux moteurs de puissance sans aucune proportion avec le poids utile, toutes choses qui se traduisent par une exagération des prix d'achat et de consommation.

Le concours de *la Locomotion automobile*, pour restreint qu'il soit, montre l'utilité qu'il y aurait à élucider, dans un laboratoire d'essais bien outillé, les nombreuses questions que comporte le problème de l'automobilisme. C'est la conclusion de l'auteur, et c'est aussi la nôtre.

R. Soreau.

III° SECTION

Les plaques de blindage, par L. Baclé, Ingénieur civil des Mines.

Cet ouvrage mérite une analyse étendue, tant à cause de l'importance du sujet que de la façon claire et documentée dont il est traité.

L'intérêt scientifique qu'offre la fabrication des cuirassements est, en effet, considérable : ce sont les exigences, jamais satisfaites, des ingénieurs militaires qui ont entraîné la métallurgie du fer et de l'acier dans la voie des progrès incessants réalisés depuis vingt années ; grâce à elles, et pour ne pas se laisser devancer par une concurrence sans cesse en éveil, les forges ont dû aborder l'étude savante du métal, rechercher l'influence du chrome, du nickel, et définir le rôle exact des diverses phases de la fabrication. Toutes les industries ont profité de ces travaux. A un autre point de vue, la manipulation de lingots pesant plus de 100 *t*, de pièces finies dépassant 25 *t*, ont forcé les usines à transformer leur outillage, laminoirs, pilons, presses, grues, machines-outils de toutes sortes. D'où un essor général que l'auteur met parfaitement en lumière.

M. Baclé s'attache surtout aux blindages des navires, et le long historique qu'il en fait indique les principales phases de l'histoire même des constructions navales depuis l'apparition des cuirassés. La cuirasse, d'abord en fer, est portée successivement de 10 à 55 *cm*. A partir de 1878 on commence à substituer au fer puddlé le métal mixte et l'acier. Le métal mixte, ou compound, formé d'un sommier en fer avec revêtement d'acier dur, est fabriqué pour la première fois aux usines de Sheffield, puis est adopté en France par Saint-Chamond, Rive-de-Gier et Montluçon ; par contre, le Creusot prend l'initiative des blindages en acier, qui offrent une plus grande résistance à la perforation, mais se fendent plus facilement sous le choc du projectile, inconvénient que le sommier en fer du métal mixte a précisément pour but d'empêcher : mais les ingénieurs du Creusot parviennent à atténuer ce défaut, et leurs plaques d'acier acquièrent bientôt une réputation universelle, au point que les blindages de ponts, pour lesquels on avait conservé le fer puddlé, se font aujourd'hui en acier, mais de nuance extra-douce.

En dehors de ces améliorations du métal même, les perfectionnements de l'outillage permettent d'obtenir, d'une seule pièce, des plaques de grande épaisseur : qualité essentielle, car l'expérience a prouvé que deux plaques superposées ne donnent pas, à beaucoup près, la même résistance à la perforation qu'une plaque de même épaisseur totale. Ces perfectionnements de l'outillage, M. Baclé les montre dans une série de figures qui mettent sous les yeux les pilons de 100 *t*, les laminoirs, les trains de blindage, les presses de 4 000 *t* pour obtenir les gabariages les plus compliqués, etc.

Le métal mixte et l'acier forgé ou laminé sont exclusivement employés jusqu'en 1889, date où Montluçon présente à l'Exposition universelle deux séries de plaques, les unes en acier doux, les autres en

acier dur, obtenues par l'addition de chrome dans le bain d'acier. Ces plaques ne se fabriquent alors qu'en faibles épaisseurs, et, pour arriver aux 50 *cm* en usage dans les constructions navales, il faut apporter de nombreux perfectionnements au procédé primitif. Puis, en 1890, le Creusot imagine l'acier au nickel, qui marque, lors des essais effectués au polygone d'Anapolis, l'abandon du métal mixte et la consécration des aciers spéciaux. L'exemple du Creusot est suivi, de savantes recherches font rapidement progresser la métallurgie de l'acier, et Saint-Chamond arrive bientôt, par l'addition combinée du chrome et du nickel, à augmenter la résistance à la perforation tout en diminuant la fragilité. Mais les progrès de la défense provoquent ceux de l'attaque; les découvertes qui servent la première servent également la seconde; le projectile, en acier au creuset riche en carbone, soumis à un forgeage puissant, puis à une trempe énergique, présente une ogive d'une extrême dureté, et les aciers spéciaux ne suffisent plus : alors on a recours à la cémentation des plaques, qui est réellement rendue pratique par Harvey. La plaque harveyée a une teneur en carbone régulièrement décroissante depuis la surface d'impact; elle s'imprègne de carbone en l'empruntant soit à des matières solides, comme dans le procédé d'Harvey, soit à des gaz carburés, comme dans le procédé Krupp. La surface est alors trempée, et acquiert une dureté qui la rend inattaquable à l'outil, en sorte que, pour percer des trous ou pour pratiquer une saignée, il faut recourir au recuit local à l'aide du courant électrique. L'apparition des plaques cémentées ne déconcerte pas l'attaque, et, en 1894, l'amiral Makaroff imagine de munir le projectile d'une coiffe qui permet à l'ogive de franchir la couche cémentée.

Au cours de cet historique, M. Baclé donne de nombreux dessins ou photographies des effets du tir sur les cuirassements. Avant d'aborder l'examen comparatif de ces essais, il analyse brièvement les principales formules de perforation, qui permettent de calculer la vitesse nécessaire à un projectile de calibre et de poids déterminés pour traverser une plaque d'épaisseur donnée. Le prototype de ces formules est dû à M. Hélie, le savant membre de la Commission de Gâvre; la formule d'Hélie s'applique aux plaques en fer. Le colonel Jacob de Marre la modifia pour les plaques en acier ordinaire, et la nouvelle formule, appliquée dans les cahiers des charges de la marine française, est généralement adoptée à l'étranger, notamment en Russie et en Amérique. M. Baclé reproduit un graphique de la formule Jacob de Marre; les vitesses de perforation sont en ordonnées et les épaisseurs en abcisses, chaque projectile étant caractérisé par une courbe. Cet abaque offre l'inconvénient de ne pas reproduire d'une façon explicite les caractéristiques du projectile, à savoir calibre et poids, de sorte que, si la courbe du projectile ne figure pas sur l'abaque, il n'est pas toujours possible de la tracer par interpolation. A cet abaque à entrecroisement composé de 3 réseaux, dont deux rectilignes et un curviligne, j'ai substitué un abaque à alignement composé simplement de 4 droites parallèles, qui est beaucoup plus clair et n'offre pas cet inconvénient. M. Baclé cite d'autres formules dérivées des précédentes; il convient de signaler entre autres celles où l'on a essayé d'introduire la notion de la

résistance propre du métal à la traction, comme l'a fait notre collègue M. Rubin dans un mémoire déposé en 1879 à la Société des Ingénieurs Civils de France, et comme l'a tenté plus récemment le général Moisson. Les coefficients ont dû être modifiés avec l'apparition des aciers spéciaux, et, pour les plaques harveyées, il a fallu changer le type même de la formule, qui diffère d'ailleurs suivant que l'attaque est faite avec des projectiles coiffés ou non coiffés. On voit donc qu'on est encore loin de relier tous ces phénomènes par une théorie générale, comme on l'a essayé. M. Baclé signale en particulier des vues, assurément intéressantes, du lieutenant Ackermann, mais que j'estime paradoxales en plusieurs points.

L'auteur examine ensuite les conditions de recette appliquées aux divers types de blindage pour navires. La traction, le pliage gradué, la flexion par choc, bref les divers essais mécaniques, pour désirables qu'ils soient, ne permettent pas, en l'état actuel, d'apprécier à l'avance les résultats du tir, qui reste le véritable critérium des qualités du cuirassement. Les premières de ces qualités sont la résistance à la perforation et l'absence de fragilité. M. Baclé indique les conditions de recette dans les principaux pays, suivant la nature du métal ; il signale la récente proposition de M. de Maupeou, directeur des constructions navales, pour tirer un coup unique en se plaçant dans des conditions qui permettraient d'en déduire la vitesse de perforation : le projectile ne doit alors éprouver aucune déformation dans la traversée de la plaque, ce qu'on peut obtenir avec l'acier forgé au creuset, et l'addition d'une coiffe si la plaque est cémentée.

Puis M. Baclé revient, en s'y étendant longuement, sur les principaux essais effectués dans divers polygones, d'abord avec les plaques d'acier non cémentées, puis avec les plaques harveyées ou traitées par un procédé similaire. Toute cette partie documentaire est illustrée de nombreuses figures et résumée dans un tableau d'ensemble ; elle échappe donc à l'analyse d'un simple compte rendu, et je me contente d'en citer la conclusion : à l'heure actuelle, les plaques cémentées, préparées dans nos grands établissements métallurgiques d'après la méthode Harvey, présentent des vitesses de perforation de 40 à 50 0/0 supérieures à celles de l'acier ordinaire, et sont au moins égales, sous ce rapport, aux plaques préparées par le procédé Krupp ; mais elles sont quelquefois un peu plus fragiles que ces dernières, bien qu'on puisse arriver à une absence complète de fragilité si la fabrication est faite avec tout le soin voulu.

A ces plaques cémentées l'attaque a tenté d'opposer les projectiles munis d'une coiffe, dont l'écrasement a pour effet de prévenir la rupture de l'obus que produirait le choc direct sur la face d'impact d'une excessive dureté. Par un phénomène analogue, une plaque d'acier cémentée contre laquelle vient se briser un projectile peut être perforée par un projectile semblable si on met une plaque de fer sur la plaque d'acier : fait paradoxal, que l'expérience a mis hors de doute. Il convient néanmoins d'observer que ce genre de projectile perd toute son efficacité dans le tir oblique sous de fortes incidences, ce qui est un cas fréquent.

Après cette étude des plaques destinées à former la ceinture des navires, l'auteur examine d'autres applications moins considérables, mais d'une grande importance militaire : fabrication des masques d'affût en aciers spéciaux de nuances dures, protection des parties hautes des navires, cuirassement des forteresses en fer laminé, apparition de la fonte dure dans les fortifications à terre. Il rappelle les retentissants essais de Bucarest, qui mirent en présence la coupole Mangin, exécutée par Saint-Chamond, et la coupole Schumann, sortie de l'usine Gruson. Puis vinrent les coupoles à éclipse. En France, le rôle nouveau assigné aux forteresses a fait prendre la décision de ne plus y installer de nouveaux ouvrages métalliques, de sorte qu'on ne peut préjuger les résultats qu'on obtiendrait, dans cette application, avec les aciers spéciaux et cémentés attaqués par les obus à mélinite. En Allemagne, au contraire, on n'a pas abandonné la coupole à éclipse dans les ouvrages nouveaux, et l'on nous affirme qu'on l'installe dans plusieurs forts avancés autour de Metz.

A la fin de son exposé, M. Baclé mesure le chemin parcouru dans la métallurgie du fer et de l'acier, en comparant les plaques d'il y a vingt ans et les plaques d'aujourd'hui : à épaisseur égale, ces dernières supportent un choc d'une énergie comprise entre le triple et le quadruple de celle qui entraînait la perforation. Tous ces progrès accomplis dans le domaine purement militaire ont eu leur répercussion et ont exercé leur influence sur l'industrie entière, dans ses applications les plus diverses.

Tel est l'intéressant ouvrage de M. Baclé, ouvrage qui vient bien à son heure, car il réunit de nombreux documents épars sur cette importante question des blindages, dont les perfectionnements rapides datent d'hier, et dont l'efficacité militaire sera déterminée dans les luttes de demain.

R. Soreau,
Ancien Officier d'artillerie.

Vme SECTION

Traité élémentaire d'électricité, par M. le commandant Colson.

Ce petit volume, qui en est à sa troisième édition, est remarquable par sa clarté et sa concision. On y trouvera les applications les plus récentes, notamment les machines à courants polyphasés et la télégraphie sans fil.

Le traité élémentaire d'électricité de M. Colson est à recommander à ceux de nos collègues qui désireraient être mis rapidement au courant des principales applications de l'électricité.

G. Baignères.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 18106-8-00. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1900

N° 16.

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois d'août et de septembre 1900, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

19 brochures in-8°, 265 × 175, publiées par l'Administration des Eaux et Forêts, à l'occasion de l'Exposition universelle internationale de 1900, à Paris. Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 40090 à 40108

Guillaume (E.). — *La nouvelle distillerie agricole, système E. Guillaume, Egrot et Grangé*, par Émile Guillaume (in 8°, 245 × 160, de 107 p. avec 4 pl.). Chez l'auteur (Don de MM. E. Guillaume, Égrot et Grangé, M. de la S.). 40202

Ing. Gio Battista Perez. — *La Provincia di Verona ed i suoi Vini.* Cenni informazioni ed analisi pubblicate per cura dell' Accademia di Agricoltura, Scienze, Lettere, Arti e Commercio di Verona in occasione dell' Esposizione di Verona, aprile, maggio, giugno 1900 (in-8°, 225 × 170 de 36 p.). Verona, G. Franchini, 1900. 40172

Arts militaires.

Recueil des Travaux techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge. Tome II, 1900 (in-8°, 250×160 de 257 p. avec 8 pl.). Bruxelles, Office de Publicité ; Société Belge de Librairie. 40178

Chemins de fer et Tramways.

Administration de la Construction des chemins de fer de l'Empire (Exposition universelle de 1900. Russie. Ministère des Voies de communication) (in-8°, 240×155 de 56 p.). Paris, Motteroz, 1900 (Don de M. Zdziarski, M. de la S.). 40035

Blundstone (S.-R.). — *The Universal Directory of Railways officials. 1900.* Compiled from official Sources by S. Richardson Blundstone (in-8°, 220×140 de 563 p.). London. The Directory Publishing Company, 1900. 40088

Chemins de fer de l'Ouest. Matériel et Traction. Notice sur le matériel, les objets et les dessins présentés à l'Exposition universelle de 1900 (in-4°, 315×225 de 70 p. avec 25 pl.). Lille. L. Danel. 1900. 40111

Chemins de fer de l'Ouest. Service de la voie. Notice sur le matériel, les modèles et les dessins exposés au Champ de Mars et à Vincennes (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 320×230 de 25 p. avec 4 pl.). Lille, L. Danel, 1900 (Don de M. A. Goupil). 40243

Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Exposition universelle de 1900. Notice sur les objets exposés par le Service du Matériel et de la Traction (in-4°, 315×225 de 61 p. avec 31 pl.). Lille. L. Danel, 1900 (Don de M. Ch. Baudry, M. de la S.). 40056

Compagnie des chemins de fer de l'Est. Notices sur les objets présentés à l'Exposition universelle de 1900 (un volume 320×230). Lille. L. Danel, 1900 (Don de M. L. Salomon, M. de la S.). 40234

Congrès international des Tramways. Programme. 1re liste des adhérents au Congrès arrêtée au 10 août 1900. Rapports présentés au Congrès (Exposition universelle de Paris 1900) (6 brochures 335×205) (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40181 à 40186

Congrès international des Tramways. Rapports présentés au Congrès (Exposition universelle de Paris 1900) (6 brochures 330×210) (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40218 à 40223

Doniol (A.). — *La réglementation des chemins de fer d'intérêt local, des tramways et des automobiles*, par A. Doniol. (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 255×165 de 305 p.). Paris, Ch. Béranger, 1900 (Don de M. Lechalas.). 40188

KAREISCHA (S. DE). — *Mesures contre les neiges.* Exposé n° 2, par Serge de Kareischa (Congrès international des chemins de fer, 6e session. Paris, 1900. Question V. Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer) (in-8°, 240×180 de 494 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40040

KERR (W.-C.). — *The Mechanical Equipment of the New Station Boston, Mass.*, by Welter C. Kerr (Presented at the New-York Meeting December 1899 of the American Society of Mechanical Engineers, and forming Part of volume XXI of the Transactions) (in-8°, pages 451 à 577). (Don de M. L. Cahen-Strauss, M. de la S.). 40273

Locomotive routière à trois vitesses, système Alfred Lotz (4 photographies 345×280 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40224 à 40227

MALLET (A.). — *Les locomotives étrangères à l'Exposition universelle de 1900*, par M. A. Mallet (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France) (in-8°, 240×160 de 36 p.). Paris, 19, rue Blanche, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40275

Notice sur le matériel et les objets exposés par la Compagnie des chemins de fer du Midi (Exposition universerselle de Paris 1900) (in-4°, 315×225 de 49 p. avec 5 pl.). Lille, L. Danel, 1900. 40110

Notice sur le matériel, les appareils et les tableaux exposés par la Compagnie du chemin de fer du Nord (Exposition universelle de Paris 1900) (in-4°, 320×225 de 232 p. avec 5 pl.). Lille, L. Danel. 1900 (Don de M. du Bousquet, M. de la S.). 40239

STEIMETZ (H.). — *Die Nederlandsche zuid Afrikaansche Sporweg Maatschappij in den Transvaalsch-Engelschen Orlog 1899-1900* (in-4°, 340×265 de 15 p.) (Overgedrukt uit het Weekblad « De Ingenieur » vom 14 en 21 Juli 1900, n° 28 en 29) s' Gravenhage, A.-D. Schinkel, 1900 (Don de M. J. Pierson, Consul général de la République Sud-Africaine). 40209

Chimie.

ANTONI GRABOWSKI. — *Polskie Slownictwo Chemiczne*, przez Bronislaw Znatowicza (Dedatek Cezplatny do Przegl. Technicznego) (in-8°, 240×165 de 99 p.). Warszawa, 1900. 40174

JACQUES (MAX). — *De l'huilerie de diffusion. Fabrique d'huile de Salomé (Nord). Max Jacques et Cie* (in-16, 180×120 de 28 p.). Lille, Delemar et Dubar (Don de l'auteur, M. de la S.). 40192

POZZI-ESCOT (M.-E.). — *Traité d'analyse théorique et pratique des substances minérales par les méthodes volumétriques et colorimétriques*, par M.-E. Pozzi-Escot (in-18, 180×120 de 243 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40345

Préfecture de Police. Laboratoire municipal de chimie de la Ville de Paris et du département de la Seine (in-8°, 205 × 135 de 98 p.). Paris, Courmont frères, 1900 (Don de M. Ch. Girard, M. de la S.) 40039

Construction des machines.

Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur, 24ᵉ année. Exercice 1899 (in-8°, 240 × 155 de 63 p.). Lyon, A. Storck et Cⁱᵉ, 1900. 40245

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. 25ᵉ Exercice 1899 (in-8°, 240 × 155 de 126 p. avec 1 pl.). Paris, Siège de l'Association, 1900. 40113

Ateliers de constructions mécaniques de Nimy, Belgique. B. Lebrun, Ingénieur à Nimy, près Mons (Exposition universelle de 1900). Objets exposés (2 br. 155 × 245 de 16 p. et de 8 p.). Bruxelles, Charles Rubens (Don de M. B. Lebrun, M. de la S.). 40044 et 40045

Bartl (J.). — *Die Berechnung der Zentrifugabregulatoren*, von J. Bartl (in-8°, 240 × 155 de 89 p. avec 27 fig.). Leipzig, Arthur Felix, 1900 (Don de l'éditeur). 40242

Deschamps (J.). — *La Mécanique à l'Exposition de 1900, 4ᵉ livraison. Les moteurs à gaz, à pétrole et à air comprimé*, par Jules Deschamps (in-4°, 320 × 225 de 81 p. avec 100 fig.). Paris, Vᵉ Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40351

Fouché (F.). — *La condensation par surfaces appliquée aux machines à terre et l'aérocondenseur Frédéric Fouché* (in-8°, 205 × 135 de 14 p.). Paris, G. Lefebvre, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40253

Rateau (A.). — *Traité des turbo-machines*, par A. Rateau. *Premier fascicule. Généralités. Turbines hydrauliques et leur régularisation* (in-4° 315 × 220 de 262 p. avec 195 fig.). Paris, Vᵉ Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40261

The Manchester Steam Users' Association. Memorandum by Chief Engineer presented at the Annual Meeting of the General body of the Members held in tuesday May 29 th. 1900 (in-8°, 245 × 155 de 25 p.). Manchester, 1900. 40279

Économie politique et sociale.

Bulletin de l'Association Normande pour prévenir les accidents du travail. 1900. N° 21 (in-8°, 280 × 185 de 135 p. avec 2 pl.). Rouen, au siège de la Société, 1900. 40349

Caisse des Victimes du Devoir. Assemblée générale du 28 avril 1900. Rapport du Conseil d'administration (in-8°, 240 × 160 de 15 p.). Paris, Bureaux de la Caisse des Victimes du Devoir, 1900. 40036

Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire. 1899 (in-8°, 250×165 de 155 p.). Dunkerque, Imprimerie Dunkerquoise, 1900. **40089**

Congrès international des accidents du travail et des assurances sociales. 5e session. Paris, 25 au 30 juin 1900. Rapports présentés au Congrès (Exposition universelle de 1900), 23 brochures in-8°, 240×160). (Don de M. le Secrétaire général du Congrès.) **40140 à 40162**

Congrès international des accidents du travail et des assurances sociales. 5e session. Paris, 25 au 30 juin 1900. Rapports présentés au Congrès (Exposition universelle de 1900) (8 brochures in-8°, 240×160) (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). **40210 à 40217**

Levat (D.). — *Utilisation de la main-d'œuvre pénale aux Colonies*, par D. Levat (Congrès colonial international de 1900) (in-8°, 240×155 de 35 p.). (Don de l'auteur). **40197**

Publications périodiques de la Chambre de commerce française de Naples. Compte rendu des travaux de la Chambre pendant l'exercice 1899 (in-8°, 240×170 de 93 p.), Naples, Angelo Teani, 1900. **40348**

Vignéras (S.). — *Notice sur la côte française des Somalis*, par Sylvain Vignéras (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 235×150 de 87 p. avec 1 carte). Paris, Paul Dupont, 1900.) (Don de l'éditeur.) **40169**

Électricité.

Bast (O. de). — *Éléments du calcul et de la mesure des courants alternatifs*, par Omer de Bast (in-8°, 220×135 de 190 p. avec 75 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1900. (Don de l'éditeur M. de la S.) **40187**

Courtois (G.). — *Distribution de l'énergie électrique à l'Exposition*. Conférence du 8 juin faite par M. Gabriel Courtois (Association amicale des anciens Élèves de l'École centrale des Arts et Manufactures. Conférences-visites à l'Exposition universelle de 1900) (in-8°, 240×155 de 28 p.). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900. (Don de l'auteur.) **40278**

Montpellier (J.-A.), Alliamet (M.) et Loppé (F.) — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 2e fascicule. Production de l'énergie électrique. 2e section. Groupes électrogènes à courants alternatifs*, par J.-A. Montpellier, M. Alliamet et F. Loppé (in-4°, 320×225, pages 53-152). Paris. Ve Ch. Dunod, 1900. (Don de l'éditeur.) **40236**

Thomson (J.-J). — *Les décharges électriques dans les gaz.* Ouvrage traduit de l'anglais avec des Notes de Louis Barbillion et une Préface par Ch.-Ed. Guillaume (in-8°, 225×145 de xiv-172 p. avec 41 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1900. (Don de l'éditeur.) **40249**

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Vol. XVI. January to December 1899 (in-8°, 250 × 160 de 784 p.). New-York City. 1900. 40112

Enseignement.

Annual Calendar of Mc Gill College and University Montreal. Session 1900-1901 (in-8°, 220 × 145 de xxx-371 p.). Montreal. John Lowell and Son, 1900. 40268

Congrès international de l'Enseignement du Dessin. 1re session. Paris. 1900. Documents divers. (Don de M. le Secrétaire général du Congrès.) 40262 à 40272

La Russie à la fin du XIXe siècle. Instruction publique. (Commission impériale de Russie à l'Exposition universelle de 1900) (in-8°, 235 × 155 de 29 p.). Paris, Paul Dupont. 1900. 40207

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Charpentier (H.). — *Géologie et minéralogie appliquées. Les minéraux utiles et leurs gisements*, par Henri Charpentier (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 125 de xi-643 p. avec 115 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod. 1900. (Don de l'éditeur.) 40346

Législation.

Bulletin de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, fondée le 21 avril 1899. Premier volume. Année 1899-1900 (in-8°, 240 × 155 de 160 p.). Paris, Siège social, 1900. 40042

Directory of the Engineers Club of Philadelphia. Charter and By-Laws, 1900 (vol. 115 × 75 de 101 p.). Philadelphia, Thomson Printing Company. 40053

Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute (in-8°, 220 × 140 de cx p.). London, Published at the Offices of the Institute. 1900. 40204

The Institution of Electrical Engineers. List of Officers and Members. Corrected to June th. 1900 (in-8°, 215 × 135 de 142 p.). 40139

Verein deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichnis 1900 (in-8°, 190 × 130 de 346 p.). Berlin, 1900. 40191

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Blaise (J.-L.-E.). — *Poussières dues au cardage du coton dans les filatures*, par M. Blaise (Extrait des comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899) (in-8°, 230 × 150 de 5 p.). Paris, Secrétariat de l'Association, 1900. (Don de l'auteur, M. de la S.) 40034

LAGELOUZE (Dr E.) — *Infection des eaux minérales par le coli-bacille*, par le Dr E. Lagelouze (Bulletin officiel de la Société médicale des Praticiens. 10e année. n° 6, 10 juin 1900, pages 73 à 106) (in-8°, 235×155 de 34 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1900. (Don de l'auteur.) 40038

Métallurgie et Mines.

Annuaire et Aide-mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction mécanique et de l'Electricité. 24e année. Edition 1899-1900. Rédigé par MM. F. Lebreton, L. Campredon et Paul Barré (in-8°, 250×160 de 991 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900. (Don de l'éditeur.) 40352

BROUGH (B.-H.). — *Cantor Lectures' on the Nature and yield of Metalliferous deposits*, by Bennett H. Brough (Society for the Encouragement of Arts Manufacture and Commerce. January 22, 29. February 5, 12, 1900) (in-8°, 250×170 de 54 p.). London, 1900. (Don de l'auteur.) 40255

BRÜLL (A.). — *Société des Ingénieurs Civils de France. Exposition universelle de 1900. Conférence-visite du 5 juillet 1900. Les Mines des Sections étrangères*, par M. A. Brüll. Notice manuscrite, 310×220 de 31 p., accompagnée de 29 brochures explicatives fournies par les exposants sur leurs installations. 40057 à 40086

Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons (Exposition universelle de 1900). Notices. (9 brochures in-4°, 270×210). Paris, Chaix. 40163 à 40171

Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Rapports présentés au Congrès (Exposition universelle de 1900) (22 brochures in-8°, 230×140). Saint-Etienne, J. Thomas et Cie. (Don de M. le Secrétaire général du Congrès.) 40115 à 40136

Entreprise générale de fonçage de puits. Études et travaux de Mines, 17, boulevard Haussmann, Paris. Notice (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 270×215 de 47 p.). Paris, Chaix, 1900. 40193

LEVAT (D.). — *Exploitation des placers au moyen des dragues à or*, par David Levat (Exposition universelle de 1900. Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Extrait du Bulletin de la Société de l'industrie minérale. 3e série, tome XV, 1901) (in-8°, 230×145 de 84 p.). (Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1900.) (Don de l'auteur.) 40196

Note sur la Société anonyme des Hauts-Fourneaux de Maubeuge (Nord). Fernand Raty, administrateur-directeur général (Exposition universelle de 1900, Paris) (in-8°, 240×150 de 17 p.). Paris. Marcel Picard, 1900. (Don de M. F. Raty, M. de la S.). 40259

PELATAN (L.). — *Les richesses minérales des Colonies françaises. Guyane française*, par L. Pelatan (Exposition universelle de Paris. 1900) (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome LI. 3e série, page 1, 44e année, 1900) (in-8°, 240 × 160 de 36 p. avec 2 pl.). Paris, H. Le Soudier, 1900. (Don de l'auteur, M. de la S.) 40229

Porte monumentale des Forges de Douai. Pierre Arbel, administrateur délégué, Secrétaire du Jury. Hors concours (Exposition universelle de 1900) (1 photographie 650 × 500). Paris, Chevojon. (Don de M. Pierre Arbel, M. de la S.) 40201

THÓS Y CODINA (Sr. D.). — *Sobre la explotación de las sales de potasa en los criaderos de sal gema de Stassfurt*. Memoria por Sr. D. Thós y Codina (Extracto del Boletin y Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona) (in-4°, 315 × 225 de 19 p. avec 2 pl.) Barcelona, A. Lopez-Robert, 1899. Don de l'auteur.) 40233

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BÉDART (Dr G.). — *Manuel pratique du Yachtsman*, par le Dr G. Bédart. (Bibliothèque de l'Union des Yachts français) (in-8°, 230 × 140 de 563 p. avec 193 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40280

BÉLA DE GONDA. — *La Navigation intérieure en Hongrie*, par Béla de Gonda (in-8°, 245 × 175 de 206 p. avec 98 illustrations). Budapest. 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40179

CORDEMOY (C. DE). — *Les Ports modernes*, par C. de Cordemoy (2 vol. in-8°, 285 × 190 de 583 p. avec 365 fig. et 652 p. avec 400 fig. et atlas 365 × 290 de 18 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40281 à 40283

CORTHELL (E.-L.). — *Report by Elmer L. Corthell Delegate of the United States representing the State Department to the seventh International Congress held at Brussels, Belgium, July 1898* (in-8°, 235 × 145 de 245 p. avec 113 pl.). Washington, Government Printing Office, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40260

VIIIe Congrès international de navigation. Paris 1900. Documents relatifs au Congrès (21 broch. de différents formats) (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40284 à 40304

1900. Sautter, Harlé et Cie, Paris. Notice descriptive (in-4°, 220 × 275 de 104 p. avec phot.). Paris, J. Bareau (Don de MM. Sautter, Harlé et Cie, M. de la S.). 40246

FOREST (F.) ET NOALHAT (H.). — *Les Bateaux sous-marins. Technologie*, par F. Forest et H. Noalhat (in-8°, 255 × 165 de 400 p. avec 311 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40251

GÉRARD (L.). — *Notes et expériences sur la Traction électrique sur les voies navigables.* Rapport par Léon Gérard (VIII[e] Congrès international de navigation, Paris, 1900. Quatrième question) (in-8°, 260 × 170 de 30 p.). Bruxelles, Imprimerie Vanbuggenhoudt, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40055

RUBIN (V.). — *La canalisation de la Moldau et de l'Elbe en Bohême. Avancement et situation des travaux au commencement de l'année 1900.* A l'occasion du VIII[e] Congrès international de Navigation, à Paris, du 28 juillet au 3 août 1900. Par ordre de la Commission pour la canalisation de la Moldau et de l'Elbe en Bohême, réuni par Ing. V. Rubin (in-8° 270 × 185 de 187 p. avec 38 fig. et 23 phot.). Prague, Imprimerie de la Cour, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40250

TAVERNIER (R.). — *Les forces hydrauliques des Alpes en France, en Italie et en Suisse. Statistique. Mode d'utilisation. Législation. Rapport de Mission,* par René Tavernier (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 1900) (in-8°, 255 × 165 de 256 p. avec 1 pl.). Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40359

Transactions of the Institution of Naval Architects. Volume XLII (in-4° 280 × 210 de XL-305 p. avec 47 pl.). London, 1900. 40230

VERNON-HARCOURT (L.-F.). — *Experimental Investigations on the action of sea water in accelerating the deposit of River Silt,* by Leveson Francis Vernon-Harcourt (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXLII. Session 1899-1900. Part IV) (in-8°, 215 × 140 de 19 p.). London, 1900 (Don de l'auteur). 40252

Périodiques divers.

Catalogue périodique des Journaux et Revues du Courrier de la Presse : France et Étranger, par M. A. Gallois. Numéro 1, juillet-août-septembre 1900 (in-8°, 215 × 135 de 395 p.). Paris, aux Bureaux du Courrier de la Presse. 40032

Physique.

LEBRUN (B.). — *Note relative aux applications du froid pour la conservation des denrées alimentaires,* remise à la Société des Ingénieurs Civils de France par B. Lebrun (6 pages manuscrites, 270 × 210) (Don de l'auteur, M. de la S.). 40046

Routes.

PRÉVOT (E.) ET ROUX (O.). — *Topographie,* par Eugène Prévot. Suivi d'un Appendice relatif à la *Topographie expédiée,* par O. Roux. *Livre II. Méthodes* (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 125 de x-572 p. avec 262 fig. et 5 pl.). Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40347

Sciences mathématiques.

COLBY (A.-L.). — *Examen des spécifications normales américaines, éprouvettes et méthodes d'essai du fer et de l'acier, adoptées par le Comité numéro 1 de la Section américaine de l'Association internationale des méthodes d'essai des matériaux, avec une Discussion des méthodes commerciales d'essais physiques et chimiques du fer et de l'acier en usage aux États-Unis, et un Examen critique de spécifications étrangères pour rails d'acier*, par Albert Ladd Colby (in-8°, 215 × 140 de VII-62-LII pp.). New-York, J.-J. Little and C° (Don de l'auteur). 40087

CROS (R.). — *Les Grands Barèmes de la Construction métallique. Deuxième série. Poutres chaudronnées à âme pleine et en treillis*, par Raymond Cros (in-4°, 220 × 280 de 487 p. avec 450 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'éditeur). 40041

LEMOINE (E.). — *Comparaison géométrographique de douze constructions déduites de onze solutions d'un même problème*, par E. Lemoine (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Boulogne-sur-Mer 1899) (in-8°, 230 × 150 de 26 p.). Paris, Secrétariat de l'Association, 1899 (Don de l'auteur). 40190

Sciences morales. — Divers.

DUCKERTS (J.). — *Un Voyage en Extrême-Orient*. Conférence de M. J. Duckerts (Extrait de Chine et Sibérie. Revue économique et politique d'Extrême-Orient) (in-8°, 220 × 140 de 52 p.) (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 40033

MARGERIE (E. DE) ET RAVENEAU (L.). — *La Cartographie à l'Exposition Universelle de 1900*, par Emm. de Margerie et L. Raveneau (Extrait des Annales de Géographie, tome IX, 1900, n°s 46 et 48) (in-8°, 250 × 165 de 54 p.). Paris, Armand Colin (Don de M. L. Raveneau). 40244

Technologie générale.

American Society of Civil Engineers. June 1900. Transactions. Vol. XLIII (in-8°, 230 × 150 de VI-619-IX p. avec 52 pl.). New-York, Published by the Society, 1900. 40177

Asociación de Ingenieros industriales de Barcelona. Catalogo de la Biblioteca alcanzando hasta 30 de Junio de 1899. Tercera Edición (in-8°, 205 × 130 de 236 p.). Barcelona, 1900. 40237

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCXCVII, 1900. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 10 Giugno 1900 onorata dalla presenza delle LL. MM. Il Re e la Regina (in-4°, 305 × 225, pages 455 à 540). Roma, Tip. della R. Accademia dei Lincei, 1900. 40114

AULARD (A.). — *Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcé à la séance générale du Congrès le samedi 9 juin 1900*, par M. Aulard (in-8°, 270 × 175 de 25 p.). Paris. Imprimerie nationale, 1900. 40195

Bauermann (H.). — *Iron and Steel Institute. Iron and Steel Institute of the Universal Exhibition. Paris, 1900*, by Professor H. Bauermann (in-8°, 215 × 135 de 36 p. (Don de M. B.-H. Brough). 40258

Bulletin de la Société industrielle de l'Est. Fascicule unique, 23 novembre 1899 au 27 juin 1900 (in-8°, 250 × 165 de 250 p. avec 5 pl.). Nancy, Imprimerie Nancéienne, 1900. 40054

Exposition internationale universelle de 1900. Catalogue général officiel (20 volumes in-16, 190 × 130). Paris, Lemercier. Lille. L. Danel, 1900. 40305 à 40325

Exposition internationale universelle de 1900. Monographies des grandes industries du monde. Volume annexe au Catalogue général officiel (20 volumes in-16, 190 × 130). Paris, Lemercier. Lille, L. Danel, 1900. 40325 à 40344

Exposition universelle de 1900. Liste des récompenses distribuées aux Exposants le 18 août 1900 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Supplément annexe au Journal officiel du 18 août 1900) (in-4°, 330 × 240 de 334 p.) Paris, Imprimerie des Journaux officiels, 1900. 40189

Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Vakafdeeling voor Werktuig-en Scheepsbouw. Jaarverslag 1899-1900. IV (in-8°, 245 × 170 de 151 p.). 40238

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CXL, 1899-1900. Part. II (in-8°, 215 × 140 de VII-435 p. avec 7 pl.). London, Published by the Institution, 1900. 40137

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Volume CXLI, 1899-1900. Part. III (in-8°, 215 × 140 de VII-507 p. avec 4 pl.). London, Published by the Institution, 1900. 40232

Programme du Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements qui se tiendra à Nancy en 1901 (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Comité des Travaux historiques et scientifiques) (in-8°, 265 × 175 de 18 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40194

Roberts-Austen (Sir W.). — *Iron and Steel Institute. Adresse du Président Sir W. Roberts-Austen* (in-8°, 210 × 140 de 38 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1900 (Don de M. B.-H. Brough). 40257

Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en Assemblée générale le 30 mai 1900, à décerner en 1901 (in-8°, 250 × 165 de 61 p.). Mulhouse, Vve Bader et Cie, 1900. 40231

The Iron and Steel Institute. Paris Meeting, 1900. September 18 th 21 st. Detailed Programme (in-8°, 205 × 130 de 14 p.). London, 1900 (Don de M. B.-H. Brough). 40256

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LVII. N° 1, 1900 (in-8°, 220 × 140 de XII-517 avec 14 pl.). London, E. and F.-N. Spon, 1900. 40203

Transactions of the Canadian Institute. Nos 11 and 12. December 1899. Vol. VI. Parts 1 and 2. Semi-Centennial Memorial Volume 1849-1899 (in-8°, 260 × 170 de 660 p.). Toronto, 1899. 40235

WATSON (W.). — *Paris Universal Exposition 1889. Civil Engineering, Public Works and Architecture*, by William Watson (in-8°, 270 × 170, pages XII à XVIII, 543 à 888 avec 22 pl. et 300 fig.). Washington, Government Printing Office, 1892 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40198

Travaux publics.

An Inquiry into the conditions relating to the Water Supply of the City of New-York, by the Merchants' Association of New-York (in-8°, 240 × 150 de XXXIX-627 p. avec 26 pl.). New-York, Isaac H. Blanchard C°, 1900 (Don de The Merchants' Association of New-York). 40254

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie, Mémoires et documents, 7e série, 10e année 1900, 2e trimestre (in-8°, 230 × 145 de 432 p. avec pl. 10 à 18). Paris, Ve Ch. Dunod, 1900. 40247

Annales des Ponts et Chaussées. Personnel (in-8° 230 × 145 de 860 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1900. 40248

Annual Reports of the War Department for the fiscal year ended June 30 1899. Report of the Chief of Engineers. Part. 1 to 6 (6 vol. in-8°, 235 × 140). Washington, Government Printing Office, 1899 (Don de M. D. Bellet, M. de la S.). 40047 à 40052

BALLIMAN (E.). — *Les Entreprises privées de travaux publics*, par E. Balliman (in-8° 250 × 165 de XXVII-250 p.). Paris, V. Giard et E. Brière, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40043

BRÜLL (A.) et HENRY (H.). — *Le ciment de laitier*. Communication présentée par MM. A. Brüll et H. Henry (Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction tenu à Paris du 9 au 16 juillet 1900) (in-4° 325 × 220 de 12 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1900 (Don de M. A. Brüll, M. de la S.). 40176

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1897. Fascicule quatorzième. Exercice 1898. Fascicule quinzième. Procès-verbaux des séances. Rapports de la deuxième Commission (2 vol. in-8° 240 × 160 de 196-XII p. avec 10 pl. et 168 p. avec 7 pl.). Le Caire, J. Barbier, 1898, 1900. 40240 et 40241

DUVILLARD (P.) et BADOIS (E.). — *L'adduction des eaux du lac Léman à Paris et dans la banlieue*. Projet P. Duvillard. Résumé des études. Projet définitif par P. Duvillard et E. Badois (in-8° 280 × 190 de VI-191 p. avec 7 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1900 (Don des auteurs, M. de la S.). 40277

Emploi des filtres de pierre système Kurka pour la filtration en grand. Entreprise pour grande filtration R. Kurka, à Francfort-sur-le-Mein, Kaiserstrasse, 60 (in-4°, 310×240 de 20 p.). Paris, Paul Dupont, 1900. 40175

HALBERTSMA (H.-P.-N.). — *Introduction historique concernant la distribution d'eau dans les Pays-Bas, suivie de la description de la distribution d'eau de la ville de Tilbourg,* par H.-P.-N. Halbertsma (Extrait du Mémorial de l'Institut royal des Ingénieurs néerlandais) (in-8° 220×145 de 18 p. avec 1 pl.). La Haye, Van Langenhuysen frères, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40199

HERSENT (H.). — *Entreprises de travaux publics et maritimes. Fondations à l'air comprimé, dragages, dérochements, bassins de radoub, etc. H. Hersent et ses fils* (in-4°, 270×220 de 84 p.). Paris, Chaix, 1900 (Don de M. H. Hersent, M. de la S.). 40180

La dérivation des sources du Bocq (Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération Bruxelloise) (in-8°, 230×155 de 68 p. avec 3 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1900. 40037

MEHRTENS (G.). — *La construction des ponts en Allemagne au XIX*e *siècle. Mémoire publié à l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris en 1900,* par Georges Mehrtens (in-4°, 395×275 de 140 p. avec 195 fig.). Berlin, Julius Springer, 1900 (Don de l'auteur). 40205

Memoria presentada a la Honorable Asamblea general en el II periodo de la XX Legislatura por el Ministro de Fomento correspondiente al ejercicio 1899 (in-8°, 280×185 de 114 p.). Montevideo, Imprenta de « El Siglio », 1900 (Don de l'Oficina de deposito departo y canje internacional de publicaciones). 40228

NICOLIS (E.). — *Marmi, pietre, e terre coloranti della Provincia di Verona* (Materiali naturali litoidi dei costruzione e decorazione). Memoria di Enrico Nicolis, pubblicata in occasione dell' Esposizione di Verona, aprile, maggio, giugno 1900) (in-8°, 245×170 de 64 p.). Verona, G. Franchini, 1900. 40173

Notices sur les modèles, dessins et documents divers relatifs aux travaux des Ponts et Chaussées réunis dans la classe 29 par les soins du Ministère des Travaux publics (Exposition Universelle à Paris en 1900) (in-8°, 250×165 de VII-703 p. avec 173 fig.). Paris, Imprimerie Nationale, 1900. 40200

Voies et moyens de communication et de transport.

Programme du Concours de véhicules lourds, du 8 au 13 octobre 1900 (Exposition Universelle de 1900. Concours internationaux des voitures automobiles à l'Exposition de Vincennes organisé par l'Automobile-Club de France) (in-8°, 260×170 de 11 p.). Paris, Ribierre et fils, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès de l'automobilisme). 40274

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres Sociétaires, MM.

G. BERMOND,	présenté par MM.	Pernin, Coureau, Divary.
L.-R. BILLEN,	—	De Nansouty, Louis Rey, Lucien Rey.
P. BOISSERAND,	—	Canet, Mesureur, Fontaine, Jannettaz.
P. CANET,	—	Canet, P. Buquet, Reymond.
E. DORGEOT,	—	Lechat, Strapp, Blétry.
P. FAVRE-BOURCART,		Canet, S. Perissé, de Dax.
E. HOCQUART,	—	Labour, L. de Chasseloup-Laubat, A. Courtier.
N. KONCHINE,	—	Gouvy, Canet, de Dax.
P. LAGNEAU,	—	Portevin, Dumontant, Fauquier.
H. LECONTE,	—	Boulogne, Imbert, Leconte.
E. LEVAT,	—	Canet, Mesureur, Jannettaz.
A. MASSON,	—	Taragonet, Hebert, Jannettaz.
S. MORTIER,	—	Dothée, Cazeau, Collin.
P. PRACHE,	—	Dumont, Anthoni, S Périssé.
A. PAPIN,	—	Cottarel, Leduc, Pettit.
M. RUDNICKI,	—	Canet, Salomon, de Dax.
H. SARKISSIAN,	—	Pontzen, J. Pillet, Engelfred.
H. SMITS MESS'OUD BEY,		Canet, Couriot, Plichon.
E. TOMSON,	—	Canet, Lippmann, Couriot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1900

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 OCTOBRE 1900

PRÉSIDENCE DE M. CH. BAUDRY, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

A propos du procès-verbal de la séance du 6 juillet, M. le Président donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. Vierendeel :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Je viens de lire le compte rendu de la séance du 6 juillet dernier, » et je désirerais y ajouter un mot pour combler une lacune très im- » portante.

» M. Duplaix a fait remarquer que la flèche du pont d'Avelghem était » de 65 *mm* pour une portée de 42 *m*, soit 1/650 de la portée, mais il » a perdu de vue que c'est là la flèche totale sous les effets combinés » du poids mort et de la surcharge; en se reportant à la planche A, » page 199 du Bulletin d'août, on constate que pour la surcharge com- » plète la flèche n'est que de 17,6 *mm*, soit 1/2400 de la portée, rapport » beaucoup moindre que celui que donnerait un pont en treillis de » dimensions analogues.

» En résumé : ce calcul démontre, ce qu'avait déjà démontré l'expé- » rience de Tervueren, que le longeron de mon système est moins » flexible que celui en treillis.

» Veuillez agréer, etc. » *Signé :* VIERENDEEL. »

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la liste, malheureusement trop longue, des décès survenus parmi nos Collègues, depuis la séance du 20 juillet; il adresse à leurs familles les compliments de condoléance de la Société.

M. Th. Berton, ancien élève de l'École Centrale (1849), Membre de la Société depuis 1854, a été Ingénieur chez MM. Gouin, pour l'étude et la fabrication des ponts en tôle, et Ingénieur au Bureau des études du chemin de fer de Saint-Germain; chevalier de la Légion d'honneur, était en dernier lieu Ingénieur civil;

M. L. Gallas, Membre de la Société depuis 1892, a été Directeur des Forges et Aciéries de MM. L. Talabot et C[ie], Secrétaire de M. Paulin Talabot, Directeur général de la Compagnie de P.-L.-M., Administrateur secrétaire général de la Société Anonyme des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du Saut-du-Tarn, administrateur de la Caisse syndicale d'assurance mutuelle des forges de France;

M. A.-I. Lebard, Membre de la Société depuis 1899, Ingénieur à la Société de construction des Batignolles;

M. L. Mangini, Membre de la Société depuis 1874, ancien conseiller général du Rhône, ancien député, ancien Membre de l'Assemblée Nationale, ancien sénateur, ancien Président du Conseil d'administration de la Compagnie des Dombes et des Chemins de fer du Sud-Est, maire des Halles-le-Fenoyl, chevalier de la Légion d'honneur;

M. A.-L. Petit, Membre de la Société depuis 1886, s'est occupé de la question de la distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié; a dirigé la construction et l'établissement de l'usine centrale de distribution de force motrice à domicile de la rue Beaubourg, dont il fut le Directeur;

M. E. Purpan, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1890), Membre de la Société depuis 1897, a été Ingénieur aux ateliers Dyle et Bacalan, entrepreneur de travaux publics;

M. M.-P. Urban, Membre de la Société depuis 1866, ancien élève de l'Université de Liège, ancien Ingénieur en chef Directeur du Chemin de fer Grand Central Belge, administrateur de la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux, Président de l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur, Membre correspondant de notre Société en Belgique;

M. Houel, ancien élève de l'École Centrale (1867), Membre de la Société depuis 1873, a été Ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille, agriculteur, administrateur de la Compagnie générale de touage et de remorquage et de la Compagnie Sucrière de la Somme, officier de la Légion d'honneur;

M. W.-R. Rowan, Membre de la Société depuis 1891, a été Ingénieur à la construction du Métropolitain de Londres et à la construction de nombreuses lignes de chemins de fer à l'étranger, inventeur de la voiture automotrice qui porte son nom, Ingénieur-Conseil de diverses Compagnies de tramways et de chemins de fer secondaires;

M. J. Glaizot, ancien élève de l'École Centrale (1857), Membre de la Société depuis 1898, licencié en droit, fabricant de produits chimiques, Vice-Président de la Chambre de Commerce de Brest, chevalier de la Légion d'honneur.

M. le Président est heureux d'annoncer à la Société les distinctions suivantes qui viennent d'être accordées à de nombreux Collègues, savoir:

Grand officier de la Légion d'honneur : M. le colonel Laussedat;

Commandeurs de la Légion d'honneur : MM. E. Bariquand, H. Menier, J. Rueff;

Officiers de la Légion d'honneur : MM. L. Asselin, Ch.-H. Baudry, E. Boire, Ch.-A. Bourdon, F.-E. Bourdon, H.-Ch. Bunel, F. Dehaître, J.-J.-A. Duboul, N. Duval-Pihet, L.-H.-A. Garnier, C.-A. Guyenet, J. Henrivaux, R.-J. Hermant, A. Huguet, L.-A. Lemoine, V. Mabille, L. Magne, A.-J.-M. Morel, M. de Nansouty, R.-V. Picou, L.-A.-M. Salomon;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Ed. Avisse, G.-M.-V. Bähr, E.-A. Barbet, E.-J. Barbier, H.-L.-M.-J. Bénard, G. Blum, H.-E. Boyer, H.-V. Brulé, C.-C. Cavallier, M.-Ch.-C. Cavelier de Mocomble, G. de Chasseloup-Laubat, Ch.-A. Compère, M.-Z.-A. Cottenet, M.-G. Dehesdin, J.-H. Delaunay, F.-E.-Ch. Delmas, L. Desmarais, A. Deutsch (de la Meurthe), Ch.-A.-H. Driessens, L.-A. Drouin, L.-G. Durassier, A.-L.-H. Duvignau de Lanneau, G.-P. Eude, R. Fernandez, P.-A. Fleury, L.-A. François, G.-A. Grangé, M.-J. Grosselin, P. Jametel, E. Javaux, Ch.-J.-D. Jeantaud, H.-D. Josse, A. Labussière, J.-L.-P. Larivière, P.-V.-P.-L. Lequeux, P.-O. Lévy-Salvador, J.-L. Logre, P. Lombard-Gérin, E.-J.-L. Meunier, A.-A.-M. Michel-Schmidt, J. Piet, L.-H. Pinchart-Deny, L.-A. Poidatz, H. Rabinel, J.-C.-C. Rodrigues-Ely, G.-A.-P. Roger, L. Rueff, H.-A. Schmid, A. Seydoux, G.-G-L. Teisset, G.-M.-H. Vallot, A.-L. Violet;

Officier de l'Instruction publique : MM. D. Augé, V.-J. Damoizeau, Schœller;

Chevalier de la couronne d'Italie : M. L. Delloye.

Au sujet de la nomination de la Commission pour l'évaluation du matériel roulant, du mobilier et de l'outillage du réseau de l'Ouest, de l'Orléans et du Midi, en vue du rachat éventuel de ces réseaux par l'État, dont il a été fait mention dans la séance du 20 juillet et dont font partie trois Membres de la Société, M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue M. A. Mallet avait été désigné, l'un des premiers, pour faire partie de cette Commission.

Des raisons particulières l'ont empêché d'accepter la proposition qui lui avait été faite par le Ministère.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste figurera dans le prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement :

1° *Les Ports modernes*, par notre Collègue, M. C. de Cordemoy. Cette étude importante, qui comprend deux forts volumes et un atlas, renferme une quantité considérable de renseignements de toute nature et représente une somme énorme de recherches et de travail.

2° Le deuxième fascicule de *l'Électricité à l'Exposition de 1900;*

3° La quatrième livraison de la *Mécanique à l'Exposition*.

Les fascicules de ces publications nous sont adressés au fur et à mesure qu'ils paraissent.

M. le Président rappelle que la seconde série des conférences-visites organisées par la Société a lieu pendant le mois d'octobre.

Une circulaire spéciale accompagnée de l'ordre du jour de la séance de rentrée a été envoyée à tous les Membres de la Société.

M. le Président communique la liste des Sociétés qui ont adressé des remerciments pour les réceptions offertes à l'occasion de l'Exposition. Ce sont :

L'Institution of Naval Architects (Londres) ;

L'Institution of Junior Engineers (Londres) ;

L'Institution of Mining Engineers (Newcastle) ;

La Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne ;

La Société des Ingénieurs sortis de l'Ecole provinciale d'industrie et des Mines du Hainaut ;

L'American Society of Civil Engineers (New-York) ;

L Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais ;

Le Collège des Ingénieurs et Architectes de Palerme ;

La Société des Ingénieurs Civils Suédois.

En outre, M. Andreeff qui dirigeait l'orchestre russe des Ballalaïkistes lors des réceptions, remercie en son nom, et en celui de ses Collègues, la Société des Ingénieurs Civils de France pour l'accueil qui leur a été fait et les souvenirs qui leur ont été remis.

M. le Président annonce que nous avons reçu du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts le programme des questions qui doivent être traitées au 39e Congrès des Sociétés savantes qui s'ouvrira à Nancy le 9 avril 1901.

M. le Président donne avis que le Ministère des Colonies lui a communiqué un avis d'adjudication de travaux pour la construction de chemins de fer en Indo-Chine.

Le cahier des charges de cette adjudication est déposé au ministère des Colonies (Inspection générale des Travaux publics, ainsi qu'à l'office colonial, Palais Royal, Galerie d'Orléans.

M. R. Soreau a la parole pour une communication sur la *Nomographie et ses applications à l'art de l'Ingénieur.*

Après un court historique de la représentation des équations par des abaques, où se rencontrent surtout les noms de MM. Lalanne, Lallemand et d'Ocagne, M. Soreau expose l'état actuel de la question, en y ajoutant le résultat de ses recherches personnelles.

Il passe rapidement sur les équations à deux variables, puis donne les procédés de représentation des équations à trois variables par abaques à entrecroisement.

Dans le cas où les trois réseaux sont rectilignes, on peut leur substituer avec avantage trois courbes, et l'alignement de trois points donne une solution de l'équation proposée : on a alors les abaques à alignement de M. d'Ocagne. Notre Collègue, introduisant la notion nouvelle de l'ordre nomographique p, détermine, d'après les caractères fonctionnels

de l'équation, le nombre de courbes qui se réduisent à des droites : ce nombre est 6 — p. Il classe les équations d'après cette notion nouvelle, et donne de nombreux exemples empruntés aux arts industriels les plus divers. Dans toutes ces démonstrations, et contrairement à ce qui avait été fait jusqu'ici, il emploie uniquement les coordonnées cartésiennes.

La méthode des points alignés a pu être généralisée grâce à deux conceptions récentes : les échelles binaires de M. Lallemand; les points à deux cotes de M. d'Ocagne. Dans le cas particulièrement intéressant où les réseaux des échelles binaires sont formés de droites, chaque réseau peut être remplacé par une simple courbe. M. Soreau développe, pour la première fois, la théorie complète de ce cas; cette théorie a le mérite de réunir diverses représentations particulières (abaques à double alignement de M. d'Ocagne, à parallèles de M. Beghin, à équerre du capitaine Goodseels), car elle fournit du même coup tous les abaques homographiques d'un abaque donné. La notion de l'ordre nomographique permet encore de déterminer à l'avance le nombre de courbes qui se réduisent à des droites : ce nombre est 8 — *p*. L'emploi combiné des échelles binaires et des points doubles conduit l'auteur a un type d'équations à huit variables susceptible d'être représenté par des abaques simples. Il est du reste possible d'aller beaucoup plus loin, en généralisant soit la méthode des points à deux cotes, comme l'a fait M. d'Ocagne, soit la méthode des échelles binaires, comme l'a fait M. Soreau. Ces deux méthodes peuvent d'ailleurs être combinées.

L'auteur, résumant ces résultats, montre l'économie de temps qu'on réalise avec les abaques. Il cite la route de Tananarive à Moramanga, qui comportait 450 000 m^3 de terrassements et 30 000 m^3 de maçonnerie; grâce à l'emploi systématique des abaques, deux officiers ont établi l'avant-projet en deux jours. Il appuie la théorie de nombreux exemples qui se présentent sur la pratique des arts industriels les plus divers : vitesse de perforation des plaques de blindage, terrassements, ballast, murs de soutènement, jauge des navires, distribution d'eau, etc.

La Nomographie ne sert pas seulement aux praticiens, elle est aussi un moyen précieux dans la recherche des lois naturelles. M. Soreau en donne deux exemples très remarquables, l'un dû à M. Rateau, Ingénieur des Mines, et l'autre dû à lui-même. M. Rateau a pu déterminer la loi de la consommation théorique des machines à vapeur et M. Soreau a découvert une loi, insoupçonnée, relative aux efforts tranchants maxima dans une poutre métallique supportant un convoi : quand la partie du convoi engagée sur la poutre comprend, outre la partie apériodique (par exemple locomotives et tenders), une partie périodique (wagons du train type), une équation très simple, à coefficients *invariables*, donne les efforts tranchants pour une section et une portée quelconques; une autre équation, à coefficients également invariables, indique la position du convoi.

En résumé, la Nomographie ou théorie des abaques est aussi précieuse dans la pratique que dans les recherche théoriques. A ce double titre, elle était digne d'être présentée à la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président remercie vivement M. Soreau de sa remarquable communication sur la science nouvelle à laquelle il a apporté son importante contribution personnelle.

Aucun de nos Collègues ne demandant à présenter des observations, M. le Président donne la parole à M. Horsin-Déon pour sa communication *sur la Transformation de la fabrication du sucre en France depuis la loi de 1884.*

M. P. Horsin-Déon compare d'abord l'industrie sucrière en France aux grandes industries du fer et du charbon et montre que les produits de la sucrerie s'élevant à 250 millions de francs, tandis que la houille ne donne que 240 millions et le fer 220 millions, cette industrie est une des plus grandes de la France. Il ajoute que la sucrerie occupe 65 000 ouvriers d'usines, 110 000 dans les champs, qu'elle nourrit 100 000 bœufs, enfin qu'elle emploie 75 000 chevaux-vapeur, et que son matériel a une valeur de plus de 200 millions de francs.

Quant au Trésor, la sucrerie lui rapporte 170 millions, le sucre payant un impôt dont la valeur est environ le double de celle du produit fabriqué.

Aussi tous les changements de législation ont-ils une répercussion énorme sur les méthodes de travail et aussi sur le matériel employé en sucrerie.

M. Horsin-Déon passe ensuite en revue les méthodes du prélèvement de l'impôt dans les différents pays et conclut que c'est celui qui frappe la matière première, la betterave, qui a le mieux servi les intérêts de l'industrie sucrière. C'est ainsi que l'Allemagne qui, dès le début, avait adopté l'impôt sur la betterave, vit sa culture betteravière devenir la première du monde. L'Autriche avait l'impôt basé sur la capacité des appareils d'extraction; cette méthode poussait à faire des jus légers, et dès lors ses appareils d'évaporation furent de tous les plus perfectionnés.

M. Horsin-Déon montre ainsi que la législation fiscale a influé dans tous les pays sur les méthodes de travail et le matériel des usines.

Passant ensuite à la France avant 1884, il fait voir que l'inpôt s'y prélevait sur le sucre fabriqué, que la conséquence en a été un relâchement complet dans les procédés de fabrication et que le matériel des usines est resté ainsi bien en retard sur celui des autres pays, d'autant plus que le sucre se vendait cher et que, quand même, on gagnait de l'argent. Mais lorsque les sucreries se multiplièrent, que l'étranger ne fut plus tributaire de la France, le prix de la betterave augmenta, celui du sucre diminua et la sucrerie française fut à deux doigts de sa perte.

C'est alors, en 1884, que M. Méline, pour sauver la situation, fit décréter la loi de l'impôt sur la betterave. Les résultats heureux de cette loi ne se firent pas attendre; car, en trois ans, la sucrerie française, dans un énergique effort, se transforma au point de pouvoir rivaliser avec l'Allemagne et l'Autriche aussi bien comme matériel que comme rendement et bénéfices. La sucrerie française était sauvée!

M. Horsin-Déon passe ensuite en revue les différentes phases de la fabrication pour indiquer les progrès réalisés depuis 1884. Il regrette de ne pouvoir décrire les appareils et machines si intéressantes au point

de vue de l'art de l'ingénieur et renvoie ceux que cela intéresserait à son livre *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de betterave*, dont il a fait don d'un exemplaire à la Société dans une des dernières séances (deuxième édition 1900).

Il explique les difficultés techniques que l'on rencontre en sucrerie par l'instabilité de la nature de la matière première, la betterave, dont la composition varie avec les années et les époques même de fabrication. Ce sont ces difficultés qui sont cause de la lenteur des progrès scientifiques en sucrerie.

M. Horsin-Déon prend comme exemple la diffusion, dont le travail est intimement lié à la nature physique de la racine; il passe sur la carbonatation, parce que c'est une opération toute chimique, attirant l'attention seulement sur les fours à chaux auxquels on commence à appliquer les appareils gazogènes, et sur les filtres mécaniques dont l'un des plus employés est dû à notre collègue M. Philippe.

M. Horsin-Déon traite alors les parties de l'évaporation, à l'étude de laquelle il a consacré une partie de sa carrière; il rappelle qu'en 1887 il a fait une conférence à la Société des Ingénieurs Civils, dans laquelle il faisait connaître les lois de la condensation qu'il avait établies, et grâce auxquelles il lui fut permis de calculer sans erreur possible les appareils d'évaporation les plus compliqués.

C'est ainsi qu'il put faire construire non seulement des quadruples-effets et des quintuples-effets de marche irréprochable, mais qu'il donna les plans d'un sextuple-effet pour l'Egypte, appareil le plus colossal qui ait jamais été établi, et dont les premières caisses ont 1 000 m^2 de surface de chauffe !

Il explique comment Rillieux, l'inventeur du triple-effet, émit le principe, en 1882, des chauffages à effets multiples combinés avec les appareils à effets multiples d'évaporation, idée géniale qui a permis de faire de grosses économies de combustible en sucrerie, économies qui ont monté parfois jusqu'à 50 °/₀ du charbon employé avec le triple-effet seul.

Enfin, M. Horsin-Déon passe à la cristallisation du sucre. Il indique les anciennes méthodes de cuite, de turbinage suivies de la cristallisation en emplis. Puis il raconte comment Stephen imagina la cuite méthodique avec rentrées d'égout, comment on lui adjoignit bientôt le système dit de *cristallisation en mouvement*, utilisant le malaxeur imaginé par M. Bocquin, l'un des membres de la Société. Le résultat de ces innovations fut de supprimer le travail long et fastidieux des emplis, et de terminer la fabrication six jours après le râpage de la dernière betterave, au lieu de six mois après, comme cela se passait avec les emplis. La cristallisation en mouvement a été étudiée par M. Horsin-Déon, qui en a établi les lois mathématiques, ce qui permet de la conduire à coup sûr vers le but cherché, celui de l'obtention immédiate de la mélasse.

M. Horsin-Déon, en terminant, donne diverses indications sur les générateurs, sur l'emploi de l'électricité en sucrerie, sur les transports de force qui s'y généralisent rapidement depuis quelques années.

Toutes ces nouveautés sont dues à l'esprit d'initiative qu'a fait naître chez les fabricants la loi de 1884.

A l'appui de sa communication, M. Horsin-Déon montre la projection de photographies faites dans diverses usines de France, d'Europe et d'Égypte.

M. le Président remercie M. Horsin-Déon de sa communication très intéressante.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G. Bermond, R. Billen, P. Boisserand, P. Dorgeot, P. Lagneau, E. Levat, S. Mortier, P. Prache, M. Rudnicki, A. Papin, H. Leconte, comme Membres Sociétaires.

Sont reçus MM. P. Canet, P. Favre-Bourcart, E. Hocquart, N. Konchine, A. Masson, H. Sarkissian, F. Tomson, H. Smits Mess'oud Bey, comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 OCTOBRE 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les nominations suivantes :

M. G.-E. Sohier a été nommé officier de la Légion d'honneur;

MM. P. Dorel, P. Farcot, D.-G.-J. Haour, Ch. Kessler, Ed.-J. Lambert, P.-A. Laurent, M. Leblanc, F. Manaut, L.-L.-J. Marie, Ed. Simon ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur;

M. le colonel Laussedat a été nommé Directeur honoraire du Conservatoire des Arts et Métiers;

M. Léon Masson, Sous-Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, a été nommé Directeur du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines au Conservatoire national des Arts et Métiers.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui sera insérée au prochain Bulletin. Parmi ces ouvrages, il signale le don fait par notre Collègue, M. Ramon Fernandez, d'un certain nombre de volumes publiés sur le Mexi-

que à l'occasion de l'Exposition de 1900. Ces volumes ont été adressés en plusieurs exemplaires à la Bibliothèque; il y en a donc un certain nombre à la disposition de ceux de nos Collègues que ces questions intéressent.

M. le Président a le plaisir de faire connaître que notre Collègue M. Grosdidier a fait don à la Société d'une somme de 64 *f*, comme les années précédentes; il lui adresse ses remerciements.

M. le Président donne lecture d'une circulaire qui sera encartée dans le procès-verbal de la présente séance. Cette circulaire informe les Membres de la Société qu'ils pourront se procurer des exemplaires du catalogue de la bibliothèque (édition 1894), et énumère les conditions auxquelles ces exemplaires leur seront remis.

M. le Président annonce qu'une conférence-visite supplémentaire aura lieu le mardi 30 octobre courant. Notre Collègue M. A.-E. Romain, traitera la question des *Armes de chasse françaises et étrangères.*

Le rendez-vous est fixé à 9 heures et demie, pavillon belge, derrière le Palais des Armées de terre et de mer, à côté de l'Exposition Vickers Sons et Maxim.

Une circulaire spéciale sera encartée comme supplément au présent procès-verbal pour signaler à l'attention de nos Collègues cette conférence-visite supplémentaire.

La parole est donnée à M. R. de Blottefière, pour sa Communication sur la *Fabrication et l'emploi de la Céramique dans l'établissement et la décoration des édifices.*

Après avoir très rapidement défini les origines de la céramique et donné quelques appréciations sur la marche de ses progrès, M. R. de Blottefière classe les produits céramiques employés dans l'industrie du bâtiment suivant la nature de la fabrication : briques, tuiles, hourdis, terres cuites et grès, carreaux de dallage et de revêtement.

Notre Collègue ne se propose pas d'entrer dans le détail complet des fabrications elles-mêmes, mais plutôt de faire un rapide exposé en donnant, pour chaque cas, quelques appréciations sur l'emploi des produits fabriqués et sur les effets nouveaux qu'ils permettent de réaliser.

Pour les briques, M. de Blottefière s'en tient à celles employées dans la décoration. Après avoir examiné les conditions de conservation, il décrit les diverses espèces dont il est fait usage : briques ordinaires, briques émaillées avec ou sans engobes, briques de grès émaillées et flambées, briques de porcelaine, closoirs émaillés.

Pour les tuiles, il explique le mécanisme de désagrégation de ces pièces de couverture sous l'effet de la gelée ou de la chaux. Après avoir rappelé l'origine de la tuile mécanique, inventée en 1841 par Gilardoni à Altkirch (Haut-Rhin), il donne la composition moyenne de la pâte, décrit les moyens mécaniques employés pour la rendre homogène et plastique, ainsi que les diverses méthodes de séchage et de cuisson.

Pour les hourdis de plancher, M. de Blottefière expose leur fabrication; il indique les prix d'achat et de pose au mètre carré dans Paris, qui sont respectivement de 3,75 *f* et 5,85 *f* à la série de la Ville de Paris, ce qui, avec les remises commerciales usuelles, amène le mètre

carré a une valeur comparable à celles d'autres matériaux employés, mais de qualité moindre.

Les terres cuites et les grès sont, de la part de notre Collègue, l'objet d'un exposé plus développé; il démontre la solidité des produits en terre cuite et l'économie importante que leur emploi permet de réaliser par rapport à la pierre sculptée. Il fait voir des photographies de pièces de construction très importantes : lucarnes ne mesurant pas moins de 3,50 *m* de hauteur; chapelle complète, dont la décoration totale a été exécutée en terre cuite revêtant des murs de mauvaise caillasse. Après quoi, passant aux grès flambés, il expose la théorie du flambage et donne des indications sur son exécution. Le flambé est toujours incertain; l'artiste ou l'architecte doit agir avec prudence dans son emploi, afin de ne pas obtenir par l'imprévu des résultats inacceptables. Une série de photographies complète cet exposé en montrant des emplois intéressants de cette décoration nouvelle dans des constructions situées à Paris, et principalement à l'Exposition de 1900.

Pour les carreaux céramiques, largement employés par l'art nouveau, M. de Blottefière indique leur mode de fabrication, et cite les diverses méthodes employées pour leur décoration. Il montre une série de carreaux de faïence décorés suivant les méthodes décrites, et termine par quelques mots sur la constitution des carreaux de grès cérame employés pour les dallages, sur le mode d'établissement des moules, et sur les moyens d'exécution des pièces. Il termine par quelques appréciations sur l'avenir immédiat de la céramique en France.

M. le Président remercie vivement M. de Blottefière de son exposé très clair et très méthodique, qui a vivement intéressé.

M. de Blottefière ajoute que, si les membres de la Société désirent assister sur place aux opérations qu'il a décrites, il espère que les chefs de sa maison l'autoriseront à organiser une visite où il pourra exposer les tours de main que comporte la fabrication.

M. le Président prend acte de cette promesse.

Vu l'heure avancée, il propose de reporter à la prochaine séance la communication de M. P. Jannettaz sur la métallurgie des métaux autres que le fer à l'Exposition.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J. Chimkewitch, A.-M. Dequéker, A.-A. Dequéker, A. Fuller, G. Giard. Ch. Le Camus, H. Lassaux, J. Nessi, R. Oates, A. de Oliveira Maia. H. Sauvinet, M. Wehrlin, G. Perelli, M. de Gispert, F. Hudson, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. E. Benoit. L. Corvol, H. Fondeur, P. Skousès, A. Berton, J. Breuer, comme Membres Associés.

MM. G. Bermond, L.-R. Billen, P. Boisserand, E. Dorgeot, P. Lagneau, E. Levat, S. Mortier, P. Prache, M. Rudnicki, A. Papin, H. Leconte sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

RÉCEPTIONS DES DÉLÉGUÉS

DES

SOCIÉTÉS TECHNIQUES ET SAVANTES

Conformément à nos traditions, le Comité avait décidé dès la fin de l'année dernière, de recevoir, à l'occasion de l'Exposition, les délégués des Sociétés techniques étrangères. Une Commission des fêtes fut nommée et ses décisions ont été approuvées par les Assemblées générales de décembre 1899 et de juin 1900.

C'est M. P. Roger, membre du Comité, qui, sous la haute direction de M. le Président, a été chargé, comme Commissaire général des fêtes, de préparer ces réceptions. MM. Pozzy, Bougenaux et Stolz ont rempli les fonctions de Commissaires généraux adjoints : ils étaient secondés par un certain nombre de nos Collègues, qui ont assisté aux nombreuses réunions préparatoires organisées par M. Roger et qui ont contribué de leur mieux à assurer le succès et l'éclat de ces fêtes.

Nos Collègues de l'étranger ont été invités en deux séries. La Société s'est efforcée de leur faire le meilleur accueil en mettant à leur disposition notre hôtel et ses différents services. Chaque groupe a été invité à trois fêtes :

Le vendredi, réception à l'hôtel; conversazione, buffet, orchestre; le lundi, grande soirée musicale, où beaucoup de délégués ont bien voulu amener leurs femmes et leurs filles; enfin le mercredi, banquet à l'Hôtel Continental.

Indépendamment de ces fêtes offertes par la Société, le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France et Mme Canet ont donné le samedi, dans leur magnifique hôtel de l'avenue Henri-Martin, une soirée artistique et musicale.

Le Comité avait invité à ces réunions MM. les Ministres des Travaux Publics et du Commerce, M. le Commissaire général de l'Exposition et MM. les Directeurs généraux, M. le Préfet de la Seine, M. le Préfet de police, le personnel supérieur des deux Ministères, ainsi que les principaux fonctionnaires de l'Exposition. Un grand nombre de personnalités de l'industrie et des Sociétés techniques avaient aussi accepté l'invitation de la Société.

En même temps que les délégués étrangers, nous avons reçu les membres du Corps diplomatique et des Commissariats généraux à l'Exposition.

Enfin, des remerciements sont dus aux Membres de la Société qui sont venus fort nombreux à chaque réunion, tenant à honneur d'aider le Comité à recevoir nos Collègues étrangers, et contribuant ainsi à renforcer les sentiments de bonne confraternité qui doivent exister entre les Ingénieurs des différents pays.

RÉUNIONS DES 15, 18 ET 20 JUIN

Voici les noms des délégués qui ont bien voulu accepter notre invitation :

MM. H. Majert, O. Philipp, O. Engelhard, D. Meyer, P. Möller, L. Courtois, O. von Miller, le Baurat Rieppel, de la *Société des Ingénieurs Allemands;*

MM. Horace Bell, Membre du Conseil et le Dr J. H. T. Tudsbery, Secrétaire, de l'*Institution of Civil Engineers;*

MM. F. Elgar, J. Dunn, A. Yarrow, J. Trewent et G. Holmes, Secrétaire, de l'*Institution of Naval Architects;*

MM. Bryan Donkin, Membre du Conseil et W. Massey de l'*Institution of Mechanical Engineers;*

MM. le Professeur J. Perry, Président, le major général G. E. Webber, ancien Président, A. W. Heaviside, P. V. Luke, J. Raworth et R. W. Wallace, Membres du Conseil, de l'*Institution of Electrical Engineers;*

MM. Peake, Président, W. Brown, Secrétaire, J. Vivian, H. Louis, J. W. Fryar, Leach, W. Ridley et H. Roose, du *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers* et de l'*Institution of Mining Engineers of Newcastle;*

MM. J. Barr, R. Kennedy, J. Weir et G. R. Richemond de l'*Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland;*

MM. W. J. Tennant et W. T. Dunn, Secrétaire, de l'*Institution of Junior Engineers;*

MM. W. Roberts-Austen, Président.Ed. P. Martin, ancien Président, S. R. Platt, Vice-Président, G. J. Snelus, Vice-Président et Bennett H. Brough, Secrétaire, de l'*Iron and Steel Institute;*

MM. W. Worbey-Beaumont, ancien Président et R. Saint-George Moore, Membre du Conseil, de la *Society of Engineers;*

MM. Th. Ritter von Goldschmidt, K. Pfaff et E. Pontzen, de la *Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne;*

MM. C. Fittler, Alladar Edvi Illès, A. Heuffel, E. de Miklós et J. Vater, de la *Société Hongroise des Ingénieurs et Architectes;*

MM. H. S. Haines, J. A. Ockerson, W. Jones, F. J. Llewellyn, J. D. Macleman, Ed. Sawyer et G. Waitt, de l'*American Society of Civil Engineers;*

MM. Ch. H. Morgan, Président, H. H. Suplee, Secrétaire et W. H. Wiley, de l'*American Society of Mechanical Engineers;*

MM. H. M. Howe, ancien Président, Ch. Kirchoff, ancien Président et A. L. Colby, de l'*American Institute of Mining Engineers;*

MM. A. D. Fuller, Ed. Sawyer et Ch. G. Waitt, de la *Boston Society of Civil Engineers;*

MM. L. J. Le Pontois, W. E. Reed et Mitchell, du *Civil Engineers Club of Cleveland;*

MM. Ed. Marburg, Président, C. Hering, F. H. Lewis et W. C. Eglin, de l'*Engineer's Club of Philadelphia;*

MM. J. R. Ockerson, G. R. Olshausen, R. Mac Culloch et A. Hoffmann, de l'*Engineers' Club of Saint-Louis;*

MM. V. A. Smith, le Professeur G. S. Wilkins et C. T. Purdy, de la *Western Society of Engineers.*

Le vendredi 15 juin à 9 heures du soir, dans l'hôtel de la Société décoré de fleurs et de plantes vertes et orné des drapeaux des différents pays représentés, les Délégués étrangers et un grand nombre de Membres de la Société se sont trouvés réunis, sous la présidence de M. Canet, assisté des anciens Présidents, des Membres du Comité et de M. Roger, Commissaire général des fêtes.

Après les présentations d'usage, M. le Président ouvre la séance en prononçant le discours suivant :

Messieurs les Délégués,

C'est pour moi un grand honneur et un véritable plaisir de vous recevoir au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France et de vous exprimer tous nos remerciements pour avoir répondu à l'appel que nous vous avons adressé. Vous nous procurez ainsi l'occasion précieuse d'exercer à votre égard, la plus confraternelle hospitalité.

Notre Comité à tenu à donner à cette réception un caractère spécialement affectueux en vous ouvrant toutes grandes les portes

de notre hôtel technique, non pas dans une séance solennelle, mais, par une simple conversazione au cours de laquelle, une fois de plus, nous nous trouverons unis dans une pensée commune.

Venus de toutes les parties du monde, pour admirer les merveilles de l'Exposition Universelle de 1900, à laquelle vos nations respectives ont collaboré et concouru dans une si large mesure, vous voulez bien apporter à vos Collègues français, en cette occasion, le témoignage de votre sympathie ; acceptez-en la réciprocité amicale.

Car, parmi les Membres de notre Société qui nous entourent, nombreux sont ceux qui ont gardé le plus agréable souvenir des jours passés dans vos divers Pays en des circonstances analogues à celles qui nous réunissent aujourd'hui.

Fidèle à son programme, pénétrée des grandes conceptions de ses fondateurs et consciente de sa mission, la Société des Ingénieurs Civils de France estime à leur haute valeur ses relations constantes et continues avec les Institutions analogues de l'Étranger.

A notre invitation familiale pour la fête de ce soir, qui sera suivie de plusieurs autres, ont répondu les Associations d'Allemagne, d'Angleterre, d'Autriche et de Hongrie, du Canada et des États-Unis, dont je salue ici les Délégués.

Déjà, antérieurement, nous avons reçu, et nous nous en souvenons bien agréablement, la visite de :

L'Institution of Civil Engineers ;
L'Iron and Steel Institute ;
L'Institution of Naval Architects ;
L'Institution of Mechanical Engineers, } de Londres.

Plusieurs de nos Collègues de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens, de Vienne, ont été nos invités.

Vous avez aussi été représentés, d'une façon brillante et cordiale, aux fêtes du Cinquantenaire de notre Société pendant le mois de juin 1898, et tout naturellement nous nous reportons aux souvenirs que ces belles fêtes de confraternité nous ont laissés.

Nous n'oublions pas davantage la large hospitalité que reçurent aux États-Unis et dans le Canada les quarante-quatre Délégués de la Société des Ingénieurs Civils de France, au cours de l'Exposition de Chicago.

C'est pour moi, c'est pour nos Collègues français, ici présents, une extrême satisfaction, que de pouvoir renouveler, ou établir, des relations effectives, avec tant de savants Ingénieurs dont nous suivons les remarquables travaux avec un si vif intérêt.

Vous en aurez la preuve, non seulement en feuilletant nos Bulletins, mais encore en parcourant notre Bibliothèque qui est comme un hommage rendu à vos efforts et à vos succès ; toutes vos publications scientifiques et techniques sont lues, classées, analysées avec infiniment de soin et dans un esprit de haute impartialité.

Quelle meilleure preuve pouvons-nous donner des progrès accomplis par l'esprit humain que celle que nous apporte aujourd'hui notre réunion composée de citoyens de nationalités diverses, animés, les uns et les autres, du désir ardent de faire leur patrie toujours plus glorieuse et qui pourtant peuvent, sans arrière-pensée, se tendre la main et se féliciter réciproquement, en toute sincérité, des résultats de leurs travaux.

Pour ceux, qui comme nous tous, appliquent leurs efforts à la recherche constante du mieux, il ne peut y avoir, dans l'accomplissement de cette tâche, ni mesquine jalousie ni aucune apparence même de ces vulgaires rivalités qui stérilisent les plus nobles efforts. *(Vifs applaudissements.)*

Avec les moyens d'information que la presse scientifique et les Associations techniques mettent à notre disposition, toute nouvelle découverte faite sur un point quelconque du globe nous est immédiatement signalée ; il n'est donc plus permis de se bercer d'illusions, et aucune nation ne peut, à notre époque, se flatter d'avoir sur toutes les branches de l'industrie, le monopole du progrès.

Toutes y concourent dans la mesure de leurs moyens, et si chaque patrie est fière, à juste titre, des découvertes qui illustrent ses enfants, les autres pays reçoivent, avec joie, tout nouveau rayon de lumière qui, passant la frontière, leur apporte un élément de stimulation pour des recherches nouvelles de plus en plus fécondes. *(Applaudissements.)*

Ce sont tous ces efforts combinés qui font la grandeur du Génie Civil Universel consacré de nouveau par l'Exposition de 1900 ; ce sont eux qui ont produit les merveilles accumulées sous les yeux du monde entier et ce sont eux que nous voulons fêter ensemble.

Chaque jour, s'affirme davantage ce que l'on peut nommer, dans

la grande et pacifique évolution actuelle, la mission de l'Ingénieur.

En dehors de toute question doctrinale irritante, il appartient à l'Ingénieur de consacrer ses efforts et son intelligence à l'asservissement des forces de la nature, aux solutions les meilleures pour les besoins de l'homme, à sa protection contre les éléments déchainés, contre les accidents, contre les catastrophes, qui sont la perpétuelle rançon du progrès humain.

C'est dans cet ordre d'idées que nous rendons un juste hommage à tout ce que vos nations ont réalisé, tout ce que vous avez réalisé vous-mêmes, Messieurs les Délégués, en vue d'atteindre cet idéal de perfection.

Une des satisfactions que l'Exposition nous procure, c'est de pouvoir, à Paris même, nous rendre compte des progrès que vous avez accomplis, en Électricité, en Mécanique, en Métallurgie, en Chimie, en Constructions navales, ainsi que dans la fabrication des redoutables engins de guerre actuels; car vous permettrez à un de vos Collègues qui leur a consacré sa carrière, de faire rentrer ces derniers travaux dans l'art de l'Ingénieur Civil, ce qui est une heureuse nécessité, puisque la solution des problèmes de la guerre moderne intéresse toutes les industries en les obligeant à développer leurs moyens de fabrication, leur outillage, et à perfectionner leurs produits. Si l'on peut faire des lames d'épées avec les lames des faucilles qui servent à couper la récolte des épis mûrs, on peut aussi, avec le même métal, transformer, dans les grandes espérances de paix, les épées en laborieuses faucilles. *(Applaudissements répétés.)*

Dans cette conception élevée de notre rôle, on trouve, comme le disait éloquemment, M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, lors de l'inauguration de l'Exposition de 1900 : « Le travail libérateur et sacré qui annoblit et qui console ».

Messieurs les Délégués,

C'est sous l'égide de cette pensée que je me place, en ce jour, pour affermir nos anciennes relations et en créer de nouvelles. En le faisant, nous contribuons tous à préparer l'avenir de l'Industrie moderne et à participer, en ce qui nous concerne, au succès commun de la splendide Exposition Universelle qui vous a amenés parmi nous.

Nos chers Hôtes, soyez les bienvenus !

(Double salve d'applaudissements.)

Plusieurs Délégués prennent successivement la parole pour remercier la Société de son invitation et pour la féliciter d'avoir organisé ces réunions qui contribuent à développer, entre les Ingénieurs des différents pays, les sentiments de bonne confraternité, d'estime et d'amitié. Les orateurs font l'éloge de l'Exposition et expriment leur admiration pour les merveilles créées par le Génie Civil français.

Avant de lever la séance, M. Canet prononce l'allocution suivante :

Messieurs les Délégués,

Je ne saurais laisser, sans quelques mots de gratitude, s'éteindre les derniers échos de vos aimables paroles, ni ceux des applaudissements qu'elles ont soulevés. Vous avez bien voulu exprimer des sentiments qui sont partagés, nous n'en doutons pas, par vos Collègues des diverses nations ainsi que par vos amis. Vous nous avez donné, avec une chaleur communicative, l'assurance d'une sympathie qui nous est précieuse et à laquelle répond toute la nôtre. Je tiens à vous en remercier encore une fois.

Gentlemen,

Allow me to make so bold as to address you in your own Language. As you no doubt know, I spent several years of my life in England, those very happy years during which I had the pleasure of making many friends. I also had the opportunity of learning English, but as you will hear, I have forgotten it more or less, for I have not been the first to find out that a foreign language is difficult and long to learn, but so easily and so quickly forgotten. But what I cannot and never will forget, is that it is in England that I learned the principles of the industry to which I have devoted, since, my whole energy. I am happy in having to-day an opportunity to state that I owe the results I have obtained in a great measure, to my English training, and to the able lessons I learned in Great Britain. (*Vifs applaudissements.*)

Laissons de côté, dans cette soirée de calme repos et d'effusions amicales, les occupations sévères qui appellent principalement nos esprits dans la carrière de l'Ingénieur, et, puisque nous avons jeté ici les bases et posé le principe d'une délicieuse intimité, je ne veux pas retarder plus longtemps les moments précieux de cette soirée où nous allons pouvoir « converser » dans toute l'acceptation du terme. Je déclare donc, en vous saluant de nou-

veau de tous mes meilleurs souhaits, notre petite séance préalable levée, et je vous invite à bien vous assurer, par vous-mêmes, dans tout ce qui pourra vous être agréable ou utile, que vous êtes entièrement chez vous dans l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Applaudissements répétés.)*

La séance est levée.

Les Membres de la Société font alors visiter l'Hôtel aux Délégués étrangers et les conduisent au buffet dressé au second étage par la maison Potel et Chabot, pendant qu'un orchestre, sous la direction de M. Bertain, chef d'orchestre des bals de l'Hôtel de Ville, fait entendre les meilleurs morceaux de son répertoire.

Les conversations particulières se prolongent jusqu'à une heure avancée, établissant entre nos Invités et nos Collègues des relations de sympathie et de bonne confraternité.

FÊTE DU 16 JUIN CHEZ LE PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Le samedi 16 juin, M. et Mme Canet ont donné, dans leur hôtel de l'avenue Henri-Martin, une soirée musicale et littéraire aux délégués des Sociétés étrangères, aux membres du Comité, et à un grand nombre de nos Collègues.

Dans le hall admirablement décoré de plantes et de fleurs rares, M. et Mme Canet recevaient leurs invités avec une amabilité parfaite, aidés dans leur tâche par M. et Mme Paul Canet.

Le vaste salon, illuminé d'une quantité innombrable de lampes électriques et au fond duquel une estrade avait été dressée pour les artistes, avait été rapidement envahi par une foule de dames et de jeunes filles, tandis que les messieurs se groupaient dans les différents salons de réception du premier étage, d'où ils pouvaient voir à leur aise le spectacle et les toilettes élégantes des spectatrices.

Au programme :

1. L'HEURE DU BERGER

Opéra-Comique en un Acte, de R. ROSENVAL et Claude TERRASSE

Simone . . . . Mlle DIÉTERLE, *des Variétés.*
Georges . . . . M. L. CH. BATTAILLE, *de la Monnaie.*

2. Le chansonnier JEAN BATTAILLE, *du Tréteau de Tabarin.*

3. **La Chanson Paysanne.**

Mlle Éveline Jannby . . } de la *Maison du Rire.*
M. Philippon . . . . . }

4. M. Félix Galipaux, *du Gymnase.*

5. *Contredanses du Directoire* . . . . W. Marie.

Mlles Louise et Blanche Mante, *de l'Opéra,*
accompagnées par l'Auteur.

6. *Poésies,* dites par Mlle Lecomte, *de la Comédie-Française.*

NOCES PARISIENNES
Scène en Vers de M. GERMANI-LACOUR

Mlle Leconte et M. Truffier, *de la Comédie-Française.*

Au piano : M. ÉMILE ARCHAINBAUD et Mme RAFF.

Après le spectacle, les invités ont fait honneur au magnifique buffet qui avait été dressé dans la salle à manger, pendant que l'orchestre des tziganes exécutait les valses les plus entraînantes.

Ce n'est qu'après une heure du matin que les invités ont pris congé de M. et de Mme Canet, en emportant le plus charmant souvenir de cette magnifique et grandiose réception.

SOIRÉE MUSICALE DU 18 JUIN

Dans le vestibule de l'Hôtel de la Société, très habilement décoré de plantes vertes, M. Canet, assisté des anciens Présidents, des Membres du Comité, et du Commissaire général des fêtes, accueillait les invités de la Société. Une petite scène avait été dressée dans le fond de la salle des séances. Un buffet était installé au deuxième étage.

Comme aux fêtes de l'inauguration de l'Hôtel, la réunion a été fort brillante et le Comité doit être particulièrement reconnaissant aux nombreuses dames et jeunes filles qui ont apporté à cette fête le charme de leur grâce et de leur élégance.

M. Bougenaux, qui était particulièrement chargé de l'organisation de la soirée, avait pu obtenir le concours d'excellents artistes et composer le programme suivant :

Programme de la soirée du 18 Juin 1900.

PREMIÈRE PARTIE

1. { a) *Méditation de Thaïs* . . . . Massenet.
   { b) *L'Abeille* . . . . Schubert.

Exécutées sur le violon par Mlle Ch. Vormèse.

2. *Chanson du Blé* (Les Saisons). . . . . . . V. MASSÉ.
Chantée par M. Lucien FUGÈRE, *de l'Opéra-Comique.*

3. { a) *Une Fête chez l'Être Suprême* . . . . . TOLSTOÏ.
{ b) *La Houpette à Poudre de Riz* . . . . . ED. ROSTAND.
Poésies dites par Mlle LARA, *Soc. de la Comédie-Française.*

4. { a) *Cavatine de Piccolino* . . . . E. GUIRAUD.
{ b) *Strophes*. . . . . CH. RÉNÉ.
Exécutées sur le cor par M. LAMBERT, *Cor solo de l'Opéra-Comique.*

5. *Pensée d'Automne* . . . . J. MASSENET.
Mélodie chantée par Mlle S. LAISNÉ, *de l'Opéra-Comique.*

6. *Duo des Voitures versées*. . . . . NICOLO.
Chanté par Mlle LAISNÉ et M. L. FUGÈRE, *de l'Opéra-Comique.*

7. *Danses Régences* . . . . G. MARIETTI.
Réglées et dansées par Mlles Henriette et Jeanne RÉGNIER, *de l'Opéra.*

DEUXIÈME PARTIE

1. { a) *Le Cygne* . . . . SAINT-SAENS.
{ b) *Madrigal*. . . . . SIMONETTI.
Exécutés sur le violon par Mlle CH. VORMÈSE.

2. { a) *Plaisir d'Amour*. . . . . MARTINI.
{ b) *Vieille Chanson du jeune temps* . . . . CH. WIDOR.
Par M. L. FUGÈRE.

3. { a) *Le Saut du Tremplin* . . . . TH. DE BANVILLE.
{ b) *L'Aimable Voleur*. . . . . G. NADAUD.
Monologues par M. G. BEER, *Soc. de la Comédie-Française.*

4. { a) *Avril s'éveille* . . . . CHAMINADE.
{ b) *Parfums mouillés*. . . . . G. MARIETTI.
Mélodies chantées par Mlle S. LAISNÉ.

5. { a) *Habanera*. . . . . PAUL VIDAL.
{ b) *Santiago*. . . . . CORBIN.
Danses espagnoles réglées et dansées par Mlles H. et J. RÉGNIER.

6. { a) *Valse des Ramiers* . . . . L. VARNEY.
{ b) *La Fille à ma Tante*. . . . . id.
{ c) *Dans le Chasselas*. . . . . G. MARIETTI.
Par Mme SIMON-GIRARD.

LA CORDE CASSÉE

Comédie en un acte, d'A. ÉPHRAHIM

Jouée par Mlle LARA et Georges BEER, *Sociétaires de la Comédie-Française.*

Mlles Lara, Laisné, Wormèse, MM. Fugère, Beer et Lambert ont recueilli les applaudissement que méritaient ces excellents artistes et Mme Simon-Girard a obtenu un très vif et très légitime succès; Mlles Régnier ont charmé tout le public avec leurs danses espagnoles.

Après le concert, les invités se sont rendus au buffet servi dans la salle du Comité où les honneurs étaient faits par M. et Mme Canet assistés des membres du Comité et du Commissaire général des fêtes.

BANQUET DU 20 JUIN

La série de ces fêtes s'est terminée à l'Hôtel Continental par un banquet présidé par M. Canet. L'organisation de la réunion avait été particulièrement confiée à M. Stolz.

A la fin du banquet, les discours suivants ont été prononcés :

Discours de M. Canet, Président.

Messieurs,

Mon premier devoir est de lever mon verre en l'honneur de M. le Président de la République Française. Je porte également la santé de tous les Souverains et Chefs d'États, dont les Délégués ont bien voulu répondre à notre invitation d'une façon si cordiale.

Messieurs les Délégués étrangers,

Votre présence parmi nous, à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1900, nous laissera des souvenirs nombreux et pleins de charmes.

Vous avez bien voulu nous dire, en plusieurs circonstances, que vous nous apportiez le témoignage des sympathies et de l'amitié des belles Sociétés et des Institutions auxquelles vous appartenez ; ce témoignage nous est précieux, et je suis heureux, au nom de tous mes Collègues, de vous donner à mon tour, l'assurance de notre estime, de notre cordialité et de notre confraternité.

La tâche qui nous a incombé d'exercer, à votre égard, les devoirs de l'hospitalité, nous a paru très douce, mais l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France ne pouvait jouer qu'un rôle bien modeste à côté des splendeurs de l'Exposition Univer-

selle auxquelles vos nations respectives, et vous-mêmes, avez, sous toutes les formes, si largement participé.

Cependant, j'ai le ferme espoir que dans ce « home » des Ingénieurs Civils, ouvert à toutes les idées larges et généreuses, à tous les progrès, vous aurez rencontré des Confrères et des Collègues, heureux de vous recevoir, de serrer des mains amies, et de nouer, ou de raviver, des relations qui subsisteront, je n'en doute pas, après la clôture de l'incomparable fête internationale à laquelle nous assistons. *(Applaudissements.)*

Relations précieuses entre toutes ! Car, au lieu de laisser les intérêts diverger et les concurrences s'exagérer jalousement dans l'ombre, elles les concilient, les orientent vers le but général du grand progrès de l'humanité, et font de ceux qui s'ignoraient, ou qui se suspectaient parce qu'ils ne se connaissaient pas, de loyaux émules dans la recherche des moyens de rendre partout l'avenir meilleur.

Notre Exposition Universelle et Internationale de 1900 donnera certainement, dans cet ordre d'idées, les résultats que nous en attendons.

Elle aura, grâce à nos communs efforts, grâce à l'esprit de bonne amitié et de concorde qui a marqué son organisation dans toutes ses parties, réalisé le programme que lui définissait dès l'origine son éminent et savant Commissaire général, M. Alfred Picard : « Être comme la philosophie et la synthèse du siècle : avoir tout à la fois : grandeur, grâce et beauté. »

Cette Exposition, dont l'ampleur aura dépassé tout ce que l'on avait fait d'analogue, jusqu'à présent, sur les rives de la Seine, a, en effet, un caractère spécial, qui a dû certainement vous frapper ; c'est la part considérable laissée à l'inspiration, je dirais même, à la fantaisie des artistes et des décorateurs, dans le but évident de la rendre attrayante au plus grand nombre de visiteurs.

Dans la construction et l'ornementation du pont Alexandre III, Ingénieurs et Architectes ont fait valoir leur science, leur talent ; nous retrouvons une union heureuse de la pierre et du métal dans le grand Palais des Champs-Élysées ; nous voyons une œuvre d'une élégante beauté dans les serres monumentales de la Ville de Paris, temples superbes élevés en l'honneur de Flore et de Pomone, et, dans la splendide et symbolique rue des Nations, quel merveilleux groupement de vos arts anciens et modernes ! Nous y contemplons, Messieurs les Délégués, avec une juste admi-

ration, vos illustrations, vos gloires, vos génies, sous leurs divers aspects et nous y rendons hommage à vos patries. *(Applaudissements.)*

Que dirai-je de la joie sincère avec laquelle Paris et la France vous ont conviés, reçus, accueillis, et je suis persuadé, Messieurs, qu'après nous avoir vus de plus près, vous emporterez cette impression généreuse que, malgré tout, la France reste fidèle à ses traditions. Ce sera, nous n'en doutons pas, pour les vaillants organisateurs de l'Exposition Universelle de 1900, une des plus agréables récompenses.

Vous nous avez, en ces circonstances inoubliables, offert vos sympathies ; acceptez nos amitiés ; la grande silhouette de la rue des Nations, illuminée par les rayons de l'aurore du vingtième siècle, subsistera dans votre mémoire et dans la nôtre, alors que ces belles constructions éphémères auront disparu : son souvenir ne se perdra pas. *(Applaudissements.)*

Vous êtes venus, en ces jours d'allégresse, nous apporter l'éclat de vos talents, le charme de votre confraternité, la séduisante vision de vos projets d'avenir. Je salue en vous toutes les réalisations futures et souhaitées ; c'est avec l'émotion la plus cordiale et la plus sincère, Messieurs les Délégués, que, levant mon verre en votre honneur, je porte un toast à vos amitiés, à vos souvenirs et à vos espérances. *(Vifs applaudissements.)*

Toast de M. Horace Bell

Au nom de l'Institution of Civil Engineers.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

Je me lève avec la plus grande appréhension. J'ai conçu l'idée de m'exprimer dans la langue de nos amis, par politesse et pour leur adresser quelques mots de reconnaissance au sujet de leur réception. Comme délégué de l'Institut des Ingénieurs Civils de Londres et délégué du Président, en l'absence de M. Tudsbery, je suis chargé de vous dire, au nom de mon Institut et des Instituts anglais qui se trouvent ici, de vous offrir nos remerciements pour votre réception et de vous exprimer nos sentiments de reconnaissance pour l'accueil si cordial que vous avez bien voulu nous faire. *(Très bien ! Très bien ! Vifs applaudissements.)*

Grâce à votre concours, nous pourrions profiter suffisamment

des merveilles de l'Exposition ; mais, pour moi-même je puis dire que je l'ai vue assez pour que les idées et les sentiments pour la force des Ingénieurs Civils de France se développent de plus en plus dans les luttes paisibles des Ingénieurs du monde et placent les Ingénieurs Français au premier rang.

Messieurs, en vous saluant de bon cœur, je me permets de dire : Vive la France ! *(Bravo ! Bravo ! Longs et vifs applaudissements.)*

Toast de M. J. R. Ockerson

Au nom de l'American Society of Civil Engineers et de l'Engineers Club of Saint-Louis.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT ET MESSIEURS LES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE,

Si je pouvais exprimer en français ce que je pense en anglais, je suis sûr que vous seriez très content de mon éloquence : comme cela est impossible, je dois me borner à vous remercier, Messieurs, au nom de l'American Society of Civil Engineers et de l'Engineer's Club de Saint-Louis pour l'hospitalité si cordiale que vous avez donnée à nos Délégués. Le Club des Ingénieurs de Saint-Louis m'avait chargé d'assister à toutes les réunions indiquées au programme que vous avez si aimablement élaboré et je suis heureux de vous dire que c'est avec le plus grand plaisir que j'ai suivi ces instructions à la lettre comme beaucoup d'entre vous peuvent en témoigner.

Je suis sûr que le rapport que je ferai à mon retour en Amérique sera des plus élogieux pour votre Société. Nous avons toujours eu la plus grande admiration pour cette grande Société des Ingénieurs Civils de France qui compte un si grand nombre de membres éminents, et, lorsqu'il y a quelques années déjà, vous nous avez fait l'honneur de venir nous visiter de l'autre côté de l'Atlantique cela fut pour nous une occasion de développer des relations amicales qui depuis ne se sont jamais affaiblies. *(Applaudissements.)*

La cordiale bienvenue, qui, il y a quelques jours à peine nous accueillait dans votre magnifique hôtel, restera longtemps dans notre souvenir et je suis heureux de porter ici un toast à la char-

mante hospitalité que nous avons reçue pendant ces trois jours où vous vous êtes si généreusement consacrés à nous.

Monsieur le Président, Messieurs, une fois encore, au nom des Ingénieurs Américains, je vous remercie. *(Vifs applaudissements.)*

Toast de M. le Professeur F. Elgar

Au nom de l'Institution of Naval Architects.

Monsieur le Président,

Messieurs,

Au nom des Sociétés anglaises représentées ici, ce soir, permettez-moi de vous exprimer les vifs remerciements de tous leurs Membres pour l'aimable hospitalité que vous avez offerte à leurs représentants, depuis qu'ils sont à Paris, ainsi que pour les toasts qui viennent d'être portés et accueillis avec tant de cordialité.

Nous savions depuis longtemps, par expérience, que le plus charmant accueil nous attend toujours dans toutes les réunions qu'offrent nos amis de Paris et plus spécialement nos Collègues, les Ingénieurs de toutes les spécialités ; mais jamais, ni mes Collègues ni moi, nous n'avions eu l'occasion de trouver, dans ces réunions, une plus franche et plus cordiale hospitalité. *(Vifs applaudissements.)*

Jamais nous n'avons, mieux qu'ici, compris qu'il n'existe entre nous d'autre sentiment de rivalité et d'émulation que celui créé par le désir, si honorable, de faire, chacun dans notre propre sphère, tout ce qu'il est en notre pouvoir pour élargir le champ des connaissances humaines, perfectionner la pratique et augmenter l'influence de la grande profession d'Ingénieur à laquelle nous sommes tous fiers d'appartenir.

Nous, Ingénieurs anglais, nous éprouvons, ici encore, un autre sentiment de plaisir, de ce fait que votre Président, M. Canet, qui vient de porter un toast avec tant d'amabilité et de cordialité, est un ami pour beaucoup d'entre nous, et qu'il est aussi respecté et apprécié en Angleterre qu'en France.

Son long séjour dans notre pays, sa connaissance si approfondie de la langue anglaise nous autorisent à ne pas le considérer comme un étranger. Si cela m'était permis, je voudrais exprimer à M. Canet la grande satisfaction de tous ses amis d'Angleterre

pour la haute situation à laquelle il est arrivé et qu'il a obtenue dans sa profession. Je voudrais lui offrir avec nos félicitations, nos vœux sincères pour sa prospérité et ses succès futurs.

Permettez-moi donc, Monsieur le Président, Messieurs, de vous remercier du fond du cœur de votre grande amabilité pour nous pendant notre séjour, et aussi pour tout ce que vous avez fait pour rendre notre visite intéressante et agréable.

Laissez-moi vous remercier aussi plus spécialement pour la façon si sincèrement cordiale avec laquelle vous avez accueilli le toast qui vient d'être porté. *(Applaudissements.)*

Toast de M. E. de Miklós

Au nom des Ingénieurs et Architectes de la Hongrie.

CHER MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

CHERS COLLÈGUES,

Je suis en ce moment-ci très heureux qu'une occasion se présente pour moi pour que je puisse exprimer nos remerciements pour cet excellent accueil qui nous est fait à nous qui sommes présents à Paris, qui avons travaillé, comme mes Collègues de la Hongrie, à cette merveille qui se présente comme l'Exposition de 1900. Nous sommes venus profiter du génie bien connu, du génie des Ingénieurs et Architectes de la France ; et, dans ce moment-ci, je ne peux pas oublier que nous sommes tous, qui sommes venus ici, des collaborateurs des grandes idées, les collaborateurs pour la paix, et je peux dire pour la paix éternelle *(Bravo ! Bravo ! Vifs applaudissements).*

Je ne peux pas oublier, dans ce moment, les mots si classiques placés au-dessus de ce grand monument présenté, il y a 22 ans, par la France à la République de l'Amérique, qui porte cette devise : « Je suis la Paix, mère féconde de l'industrie et des Beaux-Arts. Aimez-moi, peuples ! Respectez-moi, Césars ! ». Ce sont de vrais mots. Et, avec les sentiments qui m'inspirent, ici, je bois à la santé de votre excellent Président, je bois à votre santé et à la prospérité de votre Société et à la sympathie qui doit exister entre les peuples, pour le bien-être de l'humanité même. *(Vifs applaudissements.)*

Vive la France ! Vive cette grande nation ! *(Double salve d'applaudissements.)*

Paroles prononcées par M. H. Majert

Au nom de la Société des Ingénieurs Allemands.

Au nom de la Société des Ingénieurs Allemands et de ses délégués, je prends la liberté de présenter nos remerciements les plus chaleureux et les plus sincères au Président, au Comité et à tous les Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France, pour la réception vraiment charmante et cordiale que ces Messieurs nous ont faite à l'occasion de leurs fêtes.

Messieurs ! L'effort de nous tous doit se porter sur ce point essentiel de trouver les solutions les meilleures et les plus rationnelles, de tous les problèmes variés qui nous sont imposés par le progrès continuel de la civilisation et par les besoins croissants de l'humanité.

Il est bien certain que notre ambition ne doit pas se borner à trouver des solutions ; mais, encore de les mettre en œuvre et de les réaliser ; c'est ainsi que nous autres Ingénieurs nous pouvons appliquer à nos œuvres le mot d'esprit de la scène de Faust par Gœthe :

« So sitz ich am sansenden Webstiehl der Zeit
« Unr wirke de gotthert lebendeges Kleid ! »

(Au métier bruyant travaillant sans fin
Je tisse à mon Dieu son manteau divin !)

Messieurs ! Pour remplir cette tâche si difficile et pleine de responsabilités, il ne suffit pas que nous nous basions sur notre propre travail intellectuel, il nous faut contempler les fruits du travail de nos Collègues, pour avoir une comparaison et en même temps une impulsion pour nos propres œuvres.

C'est votre Exposition Universelle qui nous offre de telles impulsions dans une proportion immense et elle répand ses rayons sur l'univers entier en semant partout le progrès et en marquant ainsi un pas gigantesque, en avant, sur le chemin de la civilisation. *(Vifs applaudissements.)*

Peut-être, quelques-uns d'entre vous, Messieurs, savent déjà que l'industrie des provinces du Rhin et de la Westphalie est en train de préparer une Exposition pour l'année 1902 à Dusseldorf.

Il est inutile de vous faire remarquer que cette œuvre modeste ne pourra pas être comparée au résultat des efforts gigantesques de votre nation entière, mais les progrès considérable que l'industrie des Mines et Métallurgie ont fait dans ces deux provinces,

nous font espérer que, vous aussi, de votre côté, vous trouverez des choses nouvelles et intéressantes chez nous.

Messieurs ! La Société des Ingénieurs Allemands ainsi que nos amis de la Société des Maîtres de Forges Allemands se proposent, à l'occasion de cette Exposition, de tenir leur Assemblée générale à Dusseldorf et j'ose exprimer l'espoir que vous nous donnerez à ce moment l'occasion de vous rendre l'hospitalité que vous nous avez offerte dans une si large mesure.

Dans l'attente de ce moment, je souhaite à la Société des Ingénieurs Civils de France de continuer son développement au profit de sa belle et grande Patrie, au profit de la Science technique Universelle et, dans cet esprit, mes Collègues et moi, nous levons nos verres pour boire à la prospérité grandissante de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Applaudissements répétés.)*

Toast de M. E. Pontzen

Au nom de la Société des Ingénieurs et Architectes Autrichiens.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MES CHERS COLLÈGUES,

La Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche s'ést adressée à moi, en m'annonçant qu'elle déléguait en même temps deux Autrichiens pour la représenter auprès de vous. A mon grand regret, en particulier, celui des Ingénieurs Autrichiens qui est connu d'un grand nombre d'entre vous puisqu'il est collaborateur de l'Exposition de l'Autriche, M. l'Ingénieur en chef Pfaff n'a pas pu venir, puisqu'il est souffrant. C'est grâce à cette malheureuse circonstance que je me trouve être l'interprète des sentiments des Ingénieurs et Architectes d'Autriche auprès de vous, Monsieur le Président, et auprès de la Société des Ingénieurs Civils de France à laquelle je suis heureux de pouvoir collaborer fréquemment. Je suis persuadé que, si M. Pfaff avait pu venir, il aurait exprimé mieux que je ne puis le faire, les sentiments de sympathie qui existent entre sa Société importante, à Vienne, par rapport à notre Société parisienne. Les absents ont tort, dit un proverbe ; mais, je ne veux pas ajouter au tort qu'amène l'impossibilité où se trouve M. Pfaff d'assister à cette réunion, le tort des Ingénieurs et Architectes Viennois de ne pas exprimer leurs sentiments envers la Société des Ingénieurs Civils de France.

C'est donc au nom de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche, dont les Membres sont très nombreux, que je porte la santé de tous les Ingénieurs Civils qui, dans leur union, trouveront une force pour le progrès et le salut universel. *(Bravo! bravo! Vifs applaudissements.)*

Toast de M. W. C. Eglin

Au nom de l'Engineer's Club of Philadelphia.

Monsieur le Président et Messieurs les Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France,

J'ai l'honneur de représenter parmi vous le Cercle des Ingénieurs de Philadelphie. Ce cercle, bien qu'il ait des Membres dans tout le territoire des États-Unis et à l'étranger, a surtout un but local. Il n'est pas restreint à une classe spéciale d'Ingénieurs, mais se compose d'Ingénieurs Civils, d'Ingénieurs Mécaniciens, d'Ingénieurs des Mines, d'Ingénieurs Électriciens, aussi bien que des Professeurs et d'Architectes.

Il n'offre pas seulement au jeune Ingénieur l'avantage d'assister à des conférences, mais le met en rapport avec des Ingénieurs plus âgés et plus expérimentés.

Il tend, en outre, à élargir les vues du spécialiste. A côté de son but scientifique, le Cercle a, en effet, un rôle social.

Il est extrêmement intéressant pour un Ingénieur, pendant son premier voyage à Paris, surtout à l'occasion de cette grande Exposition, de trouver si parfaitement résolus nombre de difficiles problèmes et, durant les premiers jours, il ne peut qu'admirer ces merveilleux ouvrages; il en contemple les ingénieux détails, et c'est pour lui une grande surprise de voir ainsi, au centre d'une grande ville et, par suite, accessible à tous, une Exposition d'aussi vaste étendue.

Mais ce que j'apprécie par-dessus tout, c'est l'accueil si aimable et si hospitalier qu'a fait votre Société aux Délégués étrangers, et j'ai le sentiment que tout Ingénieur doit être fier d'appartenir à un corps qui a produit tant de merveilles.

Au nom de M. Hering, et personnellement, je vous exprime ma reconnaissance pour toutes vos aimables attentions et je souhaite que le Cercle des Ingénieurs de Philadelphie ait à nouveau l'honneur de recevoir la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Vifs applaudissements.)*

Au moment de quitter la salle du banquet, M. Canet prononce l'allocution suivante :

Messieurs les Délégués,

C'est comme Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, et en même temps au nom de mes Collègues, présents et absents, que je tiens à vous remercier de vos éloquentes et amicales paroles, qui resteront gravées dans nos cœurs.

Gentlemen,

I have listened with great pleasure; I shall even say, with gratitude, to yours speeches. I thank you, most cordially, for the way in which you have kindly responded to my toast. I shall always remember, with great pleasure, the happy hours we have spent together, these last few days. We have met here from various quarters of the globe, our callings in life are different, but we all agree, as to one point at least, the advancement of applied science and the recording of its progress from one institute or association to another. In this respect we are all friends; my friends, I again thank you. *(Applaudissements.)*

Messieurs les Délégués, je lève encore une fois mon verre en l'honneur de vos Sociétés, je bois à leur prospérité et je vous dis, non pas adieu, mais au revoir. *(Applaudissements répétés.)*

RÉUNIONS DES 29 JUIN, 2 ET 4 JUILLET

Cette deuxième série de réunions a été aussi brillante que la précédente. Les Sociétés invitées étaient représentées par les délégués dont les noms suivent :

MM. A. Lalance et P. Favre-Bourcart, de la *Société Industrielle de Mulhouse ;*

MM. A. Greiner, Président; J. Magery, Vice-Président; A. Habets, Secrétaire général; C. Blanchart, L. Canon, Présidents de sections; C. Frankignoulle, et A. Stevart, Membres du Conseil de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège ;*

MM. E. Wyhowski, Président; R. Billen, E. Cambier et M. Rudnicki, de l'*Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Gand ;*

MM. G. L'Hoest, Ch. Orban, A. Loewenstein et Ch. Jovignot, de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'Institut Électrotechnique Montefiore ;*

MM. P. Semal, Vice-Président; P. Lalieu, R. Lehodey, Ch. Frerich, Hendrickx et Ch. Charlier, de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles (École polytechnique)*;

MM. L. de Somzée, Président; L. Cossoux, Trésorier; A. de Sébille, Économe et Ch. Charlier, Bibliothécaire, de la *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels*;

MM. L. Gérard, Vice-Président et E. Closset, Membre du Conseil de la *Société Belge d'Électriciens*;

MM. A. Masson, Ed. Peny et Ed. Taragonet, de la *Société des Ingénieurs sortis de l'École provinciale d'industrie et des mines du Hainaut*;

MM. Ch. Le Grelle, Président; L. de Méeus, Vice-Président; A. Dumont, J. Timmermans, A. Vierendeel et Ed. Heirman de l'*Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'Université de Louvain*;

M. R. Le Brun de la *Société Colombienne des Ingénieurs*;

MM. J. Davidson et F. Ollgaard de la *Société des Ingénieurs Civils Danois*;

MM. M. Capdevila, G. J. de Guillen Garcia et J. M. Cornet y Mas de l'*Association Nationale des Ingénieurs et Industriels, Madrid-Barcelone*;

MM. J. D. Donker-Duyvis, ancien Membre du Conseil; R. A van Sandick, Secrétaire général; J. Buddingh, P. M. Duyvis, M. de Jonker J. B. van Merlen, J. de Koning, W. J. van Geer, H. P. Halbertsma, J. van der Ploeg et G. van Zuylen de l'*Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais*;

M. C. Canovetti du *Collegio degli Ingegneri ed Architetti, de Milan*;

M. le Professeur Ziino du *Collegio degli Ingegneri e degli Architetti, de Palerme*;

M. Sprega Annibal de la *Società degli Ingegneri e degli Architetti italiani, de Rome*;

MM. A. M. Anza, C. Sellerier, L. Salazar, R. Fernandez fils, J. C. Segura, A. Anguiano, F. Valle, G. Gomez, M.A. de Quevedo, de l'*Association des Ingénieurs et Architectes du Mexique*;

MM. P. Klem, Hiorth et le Colonel Krag, de la *Société des Ingénieurs Civils Norvégiens* et *du Polytechnicum Forening*;

MM. le Conseiller F. Ressano Garcia, le Conseiller S. A. da Fonseca Monteiro, A. Jervis d'Athouguia et A. Ribeiro de Paiva Moras, de l'*Association des Ingénieurs Civils Portugais*;

MM. les Docteurs G. White et A. Gallardo, de la *Société Scientifique Argentine*;

MM. W. de Werkowsky, Th. de Galitzinsky, S. Zwan, L. Redel,

M. Mangouby, A. Zdziarsky, de Civiny et O. Witlok, de la *Société des Ingénieurs des voies de communication de Russie ;*

MM. le Général N. Petrow, Président; D. P. Konovaloff, N. Tchekaloff, E. U. Lundberg, G. J. Franck, le Colonel A. Smirnoff, le Colonel M. M. Pomorzeff, N. A. de Sytenko, A. Zdziarski, J. S. Leman, G. J. Depp et de Schoulatchenko, de la *Société Impériale Technique Russe ;*

M. L. Schmoelling, de la *Société des Ingénieurs Civils Russes ;*

M. P. Koposoff, de la *Société des Ingénieurs technologues ;*

M. le Professeur Chatelain, de l'*École des Mines supérieure de Russie ;*

M. le Professeur Kozowsky, de la *Société des Ingénieurs des Mines de Russie ;*

M. le Général Golowin, Directeur de l'*École de Technologie supérieure de Russie ;*

MM. Roxendorf et J. Gibson, de la *Société des Ingénieurs Civils Suédois ;*

MM. R. Abt, P. Hoffet, X. Imfeld, M. Lyon et A. Schmid, de l'*Association des Anciens Élèves de l'École Polytechnique Fédérale Suisse ;*

MM. Aloys van Muyden et H. Fivaz, de la *Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes Suisses ;*

MM. Froté et le Colonel Turettini, de la *Société des Ingénieurs et Architectes Suisses ;*

M. P. Debray, de l'*Association Internationale pour l'essai des matériaux de construction.*

Voici d'abord les allocutions qui ont été prononcées à la conversazione du vendredi 29 juin :

Discours de M. Canet.

Messieurs les Délégués,

Nous sommes heureux de vous voir, en ce jour, parmi nous !

Le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France remplit une mission particulièrement agréable en vous souhaitant la bienvenue au nom du Comité et des Membres de notre Société !

Vous représentez, en vérité, et vous faites apparaître à nos yeux, tout ce qui nous est cher et précieux dans les rapports constants des Ingénieurs Civils de France avec leurs collègues de toutes les parties du monde.

Nos voyages collectifs en Belgique, en Espagne, en Hollande,

qui seront suivis d'autres, n'en doutons pas, ont déjà créé des relations charmantes entre les membres de nos Sociétés. De même nous avons eu la grande satisfaction de faire la connaissance d'un certain nombre d'Ingénieurs de la République Argentine, du Mexique, du Portugal, de Russie et de Suisse, au mois de Juin 1898, lors des fêtes du cinquantenaire de notre Société.

Nous voyons avec plaisir, en cette agréable circonstance, se joindre à nos confrères des pays dont je viens de parler, ceux de Colombie, du Danemark, d'Italie, de Norvège et de Suède.

Nous retrouvons ici, une fois de plus, nos sympathiques amis de la Société Industrielle de Mulhouse.

Je ne saurais exprimer assez, dans ces quelques mots que la cordialité la plus sincère inspire, combien nous nous intéressons aux travaux, aussi nombreux que remarquables, des Membres éminents de vos Sociétés techniques et je salue de grand cœur leurs Délégués qui les représentent ce soir. En parcourant les salles de lecture de l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France vous pourrez constater que vos publications sont pour nous un sujet d'étude attrayant et permanent. En lisant nos bulletins vous y trouverez les comptes rendus impartiaux de tout ce que vous entreprenez dans la voie du progrès général qui est si largement ouverte à l'art de l'Ingénieur moderne.

L'art de l'Ingénieur à notre époque ! Nous est-il possible d'en parler sans dire avec quelle passion nous nous y consacrons. Il étend ses bienfaits sur un merveilleux et vaste domaine que ne limite aucune des frontières artificielles tracées par la main de l'homme, encore moins celles, que forment les obstacles naturels, montagnes, fleuves, océans.

Sur toute la surface du globe, partout où il y a des améliorations à apporter, des richesses à mettre en valeur, des difficultés à vaincre, l'intervention de l'Ingénieur s'impose : il procède pour édifier son œuvre par comparaison raisonnée, avec l'appui de la réconfortante expérience, avec le sang-froid du praticien qui sait que l'on n'obtient rien sans lutte, mais qu'on ne lutte jamais inutilement.

D'ores et dejà, le champ de nos travaux s'étend au delà des limites de nos propres pays, qui sont tous devenus trop petits pour notre débordante activité car nous avons rapproché les distances avec les chemins de fer, les automobiles, les steamers rapides, nous les avons supprimées avec le télégraphe et le téléphone. *(Applaudissements.)*

L'Ingénieur asservit de plus en plus les forces de la nature pour satisfaire aux besoins impérieux de l'homme, pour le protéger contre les éléments, contre les ennemis qui le guettent de toutes parts, pour lui donner le confort qui lui permet de se livrer à ses recherches dans les meilleures conditions de santé et de tranquillité d'esprit et pour le rendre aussi heureux que possible, ce qui est une juste récompense de son labeur quotidien.

Dans la poursuite de cet idéal, qui devient souvent une réalité, l'Ingénieur fait appel, autour de lui, à tous ceux qui peuvent lui apporter un concours utile, disons plus encore, nécessaire. Il déduit, des principes abstraits, les règles qui lui sont indispensables pour en faire l'application rationnelle, car au savant appartient la mission, honorable et méritoire entre toutes, de découvrir les lois fondamentales des phénomènes; mais c'est à l'Ingénieur d'en poursuivre l'investigation dans le domaine de la pratique. Ayant la responsabilité de la réalisation, il n'appliquera les formules qu'avec les coefficients que lui aura fournis son expérience personnelle, il évitera ainsi les mécomptes, les insuccès, et l'œuvre étant heureusement achevée, il mettra le savant, fier du résultat obtenu, en mesure d'aller plus loin encore dans la voie de ses études théoriques.

J'ajouterai que, dans la grande évolution actuelle, tout progrès nouveau et intéressant obtenu dans un pays quelconque est accueilli avec bonheur par l'Ingénieur, car en s'appuyant sur les travaux de ses confrères il a la possibilité de se rapprocher davantage et plus rapidement de la perfection, but final de tout ses efforts. Si j'ai tracé en grandes lignes, la mission de l'Ingénieur à notre époque, ce n'est pas, Messieurs, avec la téméraire intention de la définir d'une façon précise. Vous en connaissez trop bien les aspects divers et tous également attachants, vous en êtes, d'ailleurs, le témoignage même, dans les diverses spécialités où vous brillez d'un si vif éclat. Mais, il convenait, avant tout, d'établir, alors que des fêtes confraternelles nous réunissent, que nos idées étant communes, nos aspirations identiques et nos recherches semblables, les sentiments de haute estime et d'amitié que nous professons les uns pour les autres ne peuvent que s'affirmer et se développer pendant les quelques jours où nous aurons la grande satisfaction de nous retrouver. *(Applaudissements.)*

Bien avant l'ouverture de cette merveilleuse Exposition Universelle qui vous a amenés parmi nous, notre Comité s'était proposé avec une joie que vous comprendrez, de vous recevoir

effectivement dans notre hôtel ; c'est donc encore un heureux rêve qui sera rentré dans la réalité, puisque nous avons l'honneur et le plaisir de vous offrir l'hospitalité la plus cordiale.

MESSIEURS LES DÉLÉGUÉS,

En donnant à cette réception le caractère d'une simple *conversazione*, nous avons tenu à bien exprimer qu'il s'agissait d'une réunion intime et affectueusement professionnelle. Je ne veux pas, quel que soit le désir que j'en éprouve, prendre davantage sur le temps précieux dont nous disposons pour converser les uns avec les autres, pour faire connaissance et pour échanger les sentiments d'amitié que motive cette belle réunion.

Je vous remercie tous d'être venus en si grand nombre de pays si éloignés. Il me reste aussi à vous remercier de nouveau au nom du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France et de tous ses Membres. Nous avons la ferme et douce conviction de travailler encore et toujours pour le progrès et pour l'éclat de notre profession, en vous ouvrant toutes grandes les portes de notre hôtel. C'est donc de tout cœur que je vous souhaite encore une fois la bienvenue. *(Vifs applaudissements.)*

Discours de M. A. Lalance

Au nom de la Société industrielle de Mulhouse.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Nous sommes délégués par la Société industrielle de Mulhouse pour saluer la Société des Ingénieurs Civils de France. Nous ne sommes pas des inconnus pour vous, de même que nous, nous vous connaissons très bien. Beaucoup de nos Membres font partie de votre Société, de même que beaucoup des vôtres veulent bien appuyer la Société industrielle, non seulement de leurs travaux, mais aussi de leurs noms et de leur présence. Notre Société est bien petite, comme nombre de Membres, ses travaux ont moins d'éclat que les vôtres ; mais, nous avons une supériorité, c'est que nous sommes beaucoup plus âgés que vous : nous avons 75 ans cette année. En 1825, il y avait très peu de Sociétés scientifiques en Europe ; nous pouvons nous glorifier d'être une des premières.

Je ne veux pas faire un grand discours ; mais je suis heureux d'avoir trouvé un Alsacien comme Président de votre Société ; nous vous en remercions. *(Bravo ! Applaudissements.)*

Discours de M. J. Magery

Au nom de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.

MESSIEURS,

L'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège étant la plus ancienne de la Belgique, c'est à elle que revient le lourd honneur de remercier M. le Président et MM. les Membres du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France. C'était à notre Président à prendre la parole, malheureusement, par suite d'une indisposition de sa dame, chez lui, il a été subitement empêché, et c'est comme cela que je me trouve à l'improviste obligé de prendre la parole à sa place. C'est vous dire que je suis très peu préparé, et que je trouve la tâche trop lourde. Ce n'est pas que le sujet manque; il est même beaucoup trop facile, tellement qu'il m'est impossible de dire quelque chose de convenable en très peu de mots. En présence des merveilles de l'art, de l'industrie, que nous sommes venus admirer depuis vingt jours, dans cet admirable Paris, on se trouve bouche béante, on ne sait plus que dire. Voilà quinze jours que je visite l'Exposition, il me semble que je viens de commencer, et maintenant il faudrait encore quinze jours, et quinze jours, et quinze jours : c'est-à-dire que Paris a pu faire ce que le monde entier n'aurait jamais pu faire, en dehors de Paris. *(Bravo! Applaudissements.)*

A quoi doit-on cette belle Exposition? Ce n'est pas seulement aux Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France, c'est à tous les Membres de nos Associations ; c'est pour cela que nous sommes fiers d'être reçus par elle. Nous, petite Belgique, nous ne pouvons que prendre l'exemple qu'il nous sera impossible de suivre, mais que nous pourrons imiter.

Nous avons conservé un précieux souvenir de la France. Notre petite Belgique, en 1830, a dû son indépendance en grande partie à la France.

C'est pour cela que nous ne l'avons jamais oubliée ; c'est pour cela que les relations entre les Ingénieurs, qui passent pour être des patriotes, ont toujours été des plus cordiales. *(Applaudissements.)* S'il y a quelquefois quelques nuages entre les deux pays, ce ne sont pas les Ingénieurs qui en sont cause ; s'il n'y avait eu qu'eux, jamais il n'y aurait eu de nuage entre les deux pays. La preuve, c'est que, dans toutes les réunions, en France et en Belgique, la plus grande et la plus franche cordialité a tou-

jours régné entre les savants et les Ingénieurs de France et de Belgique. Nous avons toujours été reçus si largement, dans toutes les visites que nous avons faites en France, que nous avons cherché à les rendre. Et je suis certain d'être le porte-voix de tous mes Collègues de Belgique, en vous disant : Venez messieurs le plus tôt possible en Belgique, et nous espérons faire aussi bien que vous, sans espérer y arriver, mais nous mettrons la même cordialité que vous avez mise : sur ce terrain-là, nous pourrons vous imiter et vous égaler. *(Bravo ! Vifs applaudissements.)*

Discours de M. F. Ollgaard

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Danois.

Monsieur le Président,

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de Danemark, j'ai l'honneur de vous remercier de l'aimable invitation que vous avez bien voulu nous faire. Je tiens à vous assurer que notre Société se tient liée à la vôtre par des sentiments bien sympathiques et cordiaux. *(Applaudissements.)*

Discours de M. G. de Guillen Garcia

Au nom de l'Association des Ingénieurs Industriels d'Espagne.

Monsieur le Président,

Messieurs,

Au nom de l'Association des Ingénieurs Industriels d'Espagne, dont j'ai l'honneur d'être le Délégué, je ne puis que remercier M. le Président des paroles si bienveillantes qu'il a prononcées à l'égard de l'Association que je représente.

Je suis heureux de pouvoir affirmer que cette réunion contribuera encore à resserrer les relations déjà si amicales qui existent entre nos deux Sociétés, et je vous apporte ici l'expression du salut affectueux de vos Collègues Espagnols. *(Applaudissements.)*

Discours de M. J. de Koning

Au nom de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais.

Monsieur le Président,

S'il est parfois pénible de faire son devoir, il n'en est nullement de même ici du devoir qui s'impose à moi, de vous dire

quelques mots au nom de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais. Vous vous rappelez les nombreux liens qui unissent votre Société à la nôtre, et les Membres de notre Société vous sont bien reconnaissants de les inviter à assister au triomphe qui se montre au Champ-de-Mars, un triomphe auquel nous nous associons en amis et camarades, et nous sommes reconnaissants que vous nous donniez l'occasion de renouer les anciens liens d'amitié qui existent entre nous et d'en renouveler d'autres dans cette organisation que vous avez préparée. *(Applaudissements.)*

Discours de M. A. Sprega

Au nom de la Société des Ingénieurs et Architectes de Rome.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Je ne savais pas que je devais prendre la parole. Je ne suis pas un fameux orateur, lorsque je parle en italien, et, en parlant en français, vous m'excuserez si je fais des italianismes, parce que je sais à peine parler.

Du reste, au nom de ma Société, qui est composée d'une grande quantité d'Ingénieurs Italiens appartenant à toutes les provinces d'Italie, j'apporte le salut de mon Président, du Conseil d'administration et de toutes les Sociétés à votre Société qui a bien voulu nous inviter si cordialement et nous recevoir avec tant de cordialité. Je devrais répéter ce qu'a dit le Délégué de la Belgique sur les merveilles de l'Exposition, et je voudrais que tous les Ingénieurs Italiens fussent ici pour voir, admirer ce que vous, Ingénieurs de France, avez su faire, ce que je déclare que nous, Ingénieurs Italiens, ne saurons jamais faire. *(Dénégation et applaudissements.)*

Discours de M. L. Salazar

Au nom de l'Association des Ingénieurs et Architectes de Mexico.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

C'est sans doute la plus modeste des Sociétés, notre éloignée Association des Ingénieurs et Architectes de Mexico ; mais sans doute aussi, c'est une des plus enthousiastes pour le progrès des sciences représentées dans cette honorable réunion.

Au nom de l'Association des Ingénieurs et Architectes de Mexico, je vous souhaite la grande prospérité que mérite une Société qui a si bien collaboré au succès du XIXe siècle. *(Applaudissements.)*

Discours de M. Hiorth

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Norvégiens.

Monsieur le Président,

Messieurs,

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Norvégiens, dont j'ai l'honneur d'être l'un des délégués, je dois d'abord vous remercier de ce que vous n'avez pas oublié notre petit pays, plongé dans la nuit éternelle du Pôle Nord et, aussi, de ce que vous, Messieurs, nos Collègues Français, vous nous avez donné cette occasion de venir admirer cette grandiose Exposition, étudier toutes ces nouvelles inventions et connaître cette superbe ville et ce magnifique pays, en nous procurant en même temps l'occasion de nous réunir à tous nos estimés Collègues du monde entier.

Nous avons vu des manifestations si élevées dans l'art industriel, des travaux si importants dans toutes les branches du Génie Civil, que nous en restons comme stupéfaits.

Notre pays est petit et couvert de montagnes, mais, par cela même, nous pouvons aussi montrer des travaux intéressants pour l'art de l'ingénieur, à tous ceux de nos Collègues qui viendraient nous visiter.

A côté de nos montagnes et baignant leur pied, ce sont les fjords qui nous servent de routes, grandes et unies, ce sont nos forêts, nos grandes chutes d'eau, nos torrents alimentés par les neiges éternelles et qui remplacent pour nous le charbon et son énergie.

Nous serions heureux, Messieurs, de vous montrer toutes ces beautés et, en attendant, je vous apporte le salut le plus fraternel de mes camarades de Norvège, vous assurant que tous ceux d'entre vous qui viendront visiter notre pays seront les bienvenus parmi les Ingénieurs Norvégiens qui vous adressent ici, par ma voix, leurs chaleureux remerciements. *(Vifs applaudissements.)*

Discours de M. le Conseiller S. A. da Fonseca Monteiro

Au nom de l'Association des Ingénieurs Civils Portugais.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Je ne me doutais pas que ce serait moi, Ingénieur Portugais, qui aurais l'honneur de représenter mes Collègues. Cette occasion me fait un devoir de vous remercier de votre aimable invitation et de vous présenter, au nom de mes Collègues, tout leur hommage et l'expression de leur amitié. *(Applaudissements.)*

Discours de M. le Général de Verchowsky

Au nom de la Société des Ingénieurs des Voies de Communication de Russie.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Le Conseil de l'Association des Ingénieurs des Voies de communication russes nous a chargés, moi et mes Collègues ici présents, d'apporter à la Société des Ingénieurs Civils de France ses félicitations les plus sincères à l'occasion de l'accomplissement de la grande œuvre représentée par l'Exposition Universelle, que nous voyons maintenant à Paris et au succès de laquelle ont certainement et largement contribué MM. les Ingénieurs Civils de France par les merveilles d'architecture et des travaux d'art de toute espèce qui y sont effectués et représentés.

En nous acquittant de cette agréable mission, nous avons encore à vous exprimer, Monsieur le Président, l'assurance de la considération la plus dévouée qui existe parmi les Ingénieurs des voies de communication Russes pour leurs Collègues Français, et des vœux pour la conservation, de la part de ces derniers, des sentiments d'amitié auxquels ils ont déjà habitué leurs Collègues Russes. *(Bravo ! Vifs applaudissements.)*

Monsieur Aloys Van Muyden

Au nom de la Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes Suisses.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Permettez-moi de vous dire combien nous sommes reconnaissants de l'invitation que vous nous avez adressée et combien

nous sommes sensibles à la haute courtoisie qui a dicté cette invitation et à nous dire aujourd'hui vos hôtes.

Il y a deux ans, Messieurs, quelques-uns de nos Collègues avaient l'honneur de célébrer avec vous la fête que vous aviez organisée pour les cinquante ans de la fondation de votre Société. Cette année-ci, les amis de la généreuse France se réjouissent avec elle du succès de cette magnifique Exposition.

Messieurs, nous vous remercions de nous avoir, par deux fois, associés à des manifestations aussi importantes de la vie de votre Société. *(Applaudissements.)*

Réponse de M. Canet.

MESSIEURS LES DÉLÉGUÉS,

Je m'étais promis, au cours de cette réception si cordiale, de m'en tenir à quelques paroles de bienvenue et de vous rendre aussitôt aux amicales conversations de vos Collègues?

Mais vous avez, en termes éloquents, formé pour la Société des Ingénieurs Civils de France, des vœux dont la confraternité et la loyauté nous seront très sensibles.

Permettez-moi de vous le dire, je suis et je reste profondément touché des paroles empreintes de sympathie et d'amitié que vous venez de prononcer. Recevez-en mes vifs remerciements au nom de notre Société. *(Applaudissements.)*

Ce que vous avez exprimé avec une bienveillance empreinte de confraternité, nous le ressentons vivement et d'une façon affectueuse. L'hospitalité intime que nous avons le plaisir de vous offrir en ces heureux jours n'en est que le faible témoignage. Nous aurions désiré, pour vous accueillir, que notre Hôtel fût plus vaste et plus brillant encore.

Je ne parlerai point, à nouveau, de l'union de nos sentiments et de nos amitiés : vous en connaissez toute la large et confraternelle étendue. Je vous demanderai seulement de me permettre de vous donner quelques indications qui m'ont été demandées par quelques-uns d'entre vous.

Nous vous avons prié, Messieurs les Délégués, dès votre arrivée à Paris, de vous faire inscrire ici et de nous faire connaître vos noms et vos adresses.

Une carte de Membre temporaire vous a été remise ; elle n'est temporaire qu'au point de vue matériel, car les relations qu'elle créera pour vous comme pour nous seront assurément d'une durée illimitée.

Nous avons été surtout désireux de caractériser ainsi tout ce que notre hospitalité a de profondément affectueux à votre égard.

De ce jour, jusqu'au 13 juillet, l'Hôtel de notre Société est et sera à votre disposition ; vous pourrez, pendant cette période, au cours de laquelle nous aurons tant de plaisir à vous avoir avec nous, vous y faire adresser votre correspondance, donner vos rendez-vous d'affaires et rédiger votre courrier.

Vous y trouverez le téléphone qui vous mettra en rapport avec tout Paris. Des interprètes et un sténographe-dactylographe vous seront attachés.

Enfin, pendant toute la durée de l'Exposition, une salle avec service de renseignements vous évitera toutes démarches longues et inutiles pour les diverses missions que vous aurez à remplir.

Usez-en, Messieurs les Délégués, vous resserrerez ainsi les liens d'amitié réciproque qui existent déjà entre vos Sociétés et la Nôtre et que nous apprécions, croyez-le bien, à leur haute valeur. *(Applaudissements.)*

Les invités visitent ensuite l'hôtel sous la conduite du Président et du Commissaire général des fêtes, puis se rendent au buffet où, aux accents de l'orchestre dirigé par M. Bertain, ils échangent des toasts nombreux. Ce n'est que vers minuit qu'il prennent congé de M. Canet, enchantés de cette première réunion.

FÊTE DU 30 JUIN CHEZ LE PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Comme ils l'avaient fait pour la première série d'invités, M. et Mme Canet ont reçu, dans leur hôtel de l'avenue Henri-Martin, les Ingénieurs étrangers et les membres de la Société, le samedi 30 juin.

Cette réception a peut-être été encore plus brillante que la première et le programme, admirablement composé, a été vivement apprécié par la foule nombreuse qui se pressait dans les salons et le hall décoré à profusion de fleurs et de plantes vertes.

Mlles Jeanne Granier, Félicia Mallet, MM. de Féraudy, Delaunay, Pierre Magnier, MM^lles^ Faury et Alice Bonheur, MM. Jean Bataille, Louis Maurel, M. et Mlle Lemaître ont obtenu le plus vif et légitime succès.

Rien aussi de plus charmant et de plus gracieux que les petites danseuses japonaises dont les mines éveillées ont fait la joie des spectateurs.

Voici, d'ailleurs, le programme complet de cette soirée :

1. **L'HONNÊTE FEMME**

Comédie en un Acte, de M. Edmond SÉE

Yvonne. . . . . . . Mlles JEANNE GRANIER.
Alice . . . . FÉLICIA MALLET.
Le comte Dufaut . . MM. LOUIS DELAUNAY, *de la Comédie-Française.*
Louis Séruzel. . . . PIERRE MAGNIER, *du Théâtre Sarah-Bernhardt.*

2. a) *Berceuse pour harpe et violon* . . . . . . TOBY.
Mlle MARIE LEMAITRE.
M. PAUL LEMAITRE. .
b) *Ongariscber* . . . . HUBAY.
M. PAUL LEMAITRE, M. D. BLITZ.

3. *Au Temps jadis* (chansons anciennes).
Mlle M.-L. FAURY, *du Gymnase.*
M. JEAN BATTAILLE, *du Tréteau de Tabarin.*

4. M. DE FÉRAUDY, *de la Comédie-Française.*

5. *Les Danseuses Japonaises.*

6. a) *Hymne du Barde* . . . . BOUSSAGOL.
Mlle MARIE LEMAITRE.
b) *Prélude du Déluge* . . . . SAINT-SAENS.
M. PAUL LEMAITRE.

7. *Les Chansons de la Bacchanale.*
Mlle ALICE BONHEUR, *des Bouffes-Parisiens.*
M. LOUIS MAUREL, *de la Scala.*

8. *Les Danseuses Japonaises.*

Au piano : M. RENÉ VANZANDE.

Après avoir fait honneur au somptueux buffet et écouté quelques valses exécutées par l'orchestre des tziganes, les invités ont pris congé de M. et Mme Canet et sont partis émerveillés de la réception si brillante et si aimable qui leur avait été faite dans ce magnifique cadre qu'est l'hôtel de l'avenue Henri-Martin.

SOIRÉE MUSICALE DU 2 JUILLET

Cette fête a été tout aussi brillante que celle du 18 juin. La salle des séances, habituée aux réunions scientifiques et aux graves discussions, était occupée par une foule élégante où dominaient les dames et les jeunes filles en charmantes toilettes d'été.

Nous avons applaudi successivement M. de Féraudy et Mlle Leconte qui ont représenté avec un talent parfait la Comédie-Française. Mme Ch. Wyns, Mlle Paulette Darty et M. Fournets ont obtenu le succès le plus mérité. Il est impossible de rêver un spectacle plus gracieux et plus charmant que les danses directoires de Mlles Mante, accompagnés par M. William Marie. L'orchestre russe des Balalaïkistes nous avait apporté le concours de son remarquable talent. Sous l'habile direction de M. Andreeff, les artistes nous ont fait connaître les chants populaires russes que leurs instruments d'origine orientale rendaient de la façon la plus saisissante.

Entre la première et la seconde partie, les musiciens russes ont été réunis, par les soins du Commissaire général des fêtes, dans le salon du Président, et M. Canet leur a remis à chacun une médaille en souvenir de leur aimable concours.

Voici d'ailleurs le programme de la soirée :

Programme de la soirée du 2 Juillet 1900.

PREMIÈRE PARTIE

1. *Air de Benvenuto Cellini* . . . . E. DIAZ.
Chanté par M. R. Fournets, *de l'Opéra.*

2. *Les Pâtés de Sable* . . . . JACQUES NORMAND.
Poème dit par Mlle Leconte, *de la Comédie-Française.*

3. *Stances de Sapho* . . . . CH. GOUNOD.
Chantées par Mme Ch. Wyns, *de l'Opéra-Comique.*

4. *Monologue* . . . . XXX...
Par M. de Féraudy, *Soc. de la Comédie-Française.*

5. *Danses Directoires* . . . . WILLIAM MARIE.
Dansées par Mlles Louise et Blanche Mante, *de l'Opéra*, accompagnées par l'Auteur :
a) *Petite Rosine ;* c) *Céleste ;*
b) *Gavotte ;* d) *Danse incroyable.*

DEUXIÈME PARTIE

1. a) *Stances de Lakmé* . . . . LÉO DELIBES.
b) *Pauvre Fou !* . . . . TAGLIAFICO.
Chantés par M. R. Fournets, *de l'Opéra.*

2. *En Gare* . . . . J. THÉNARD.
Par Mlle Leconte, *de la Comédie-Française.*

3. a) *Les Papillons* . . . . G. MARIETTI.
b) *Noël* . . . . A. HOLMÈS.
Mélodies chantées par M. Ch. Wyns, *de l'Opéra-Comique.*

4. *Monologue* . . . . xxx...
Par M. DE FÉRAUDY, *Soc. de la Comédie-Française.*

5. *Duo des Hirondelles* (Mignon) . . . . . . A. THOMAS.
Chanté par Mme CH. WYNS et M. R. FOURNETS.

6. a) *Les Baisers* (Paroles de DE FÉRAUDY). . PAUL HENRION.
b) *Lettre valsée* id. . . BERGER.
c) *Les Cigales* . . . . GASTON LEMAIRE.
Chantés par Mlle Paulette DARTY.

Les « Balalaïkistes »

CERCLE MUSICAL « GRAND RUSSIEN » SOUS LA DIRECTION DE M. B. B. ANDREEFF.

1. a) *Chants Nationaux Russes*. . . . . xxx...
b) *Toréador et Andalouse* . . . . RUBINSTEIN.
c) *Captivité Tartare* . . . . xxx...
Tableau musical sur un thème de chansons populaires du XVIIe siècle.
(Chanson d'adieu de prisonniers russes sous l'escorte Tartare.)

2. *Carmen* (fantaisie) . . . . G. BIZET.

TIC A TIC

Un acte de MM. De FÉRAUDY et J. ROUCHE

Joseph Jumelle . . . . M. DE FÉRAUDY.
Léonie Chacornet . . . . Mlle LECONTE.

Après le concert, les invités se sont réunis dans la salle du deuxième étage où un buffet avait été dressé, et ce n'est que vers une heure du matin qu'ils ont pris congé de M. et Mme Canet, non sans avoir vivement félicité le Président et les organisateurs des fêtes du succès de la soirée.

BANQUET DU 4 JUILLET

Les Délégués étrangers et un grand nombre de nos Collègues se sont trouvés réunis à l'hôtel Continental, sous la présidence de M. Canet.

Voici les discours qui ont été prononcés :

Discours de M. Canet, Président.

MESSIEURS,

Pour me conformer aux devoirs de courtoisie internationale qui m'incombent, j'ai l'honneur de porter la santé de M. le Pré-

sident de la République Française et celle de tous les Souverains et Chefs d'État des nations dont je vois ici les représentants.

Messieurs les Délégués,

Vous avez bien voulu répondre en grand nombre à notre invitation cordiale et confraternelle, je vous en remercie au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France.

L'Exposition Universelle de 1900, devait avoir, comme une de ses plus heureuses et de ses plus agréables conséquences, de vous amener parmi nous.

Vous en êtes, en effet, non pas les visiteurs ordinaires, mais les collaborateurs et coopérateurs savants et distingués, et c'est bien cela qui donne à cette œuvre colossale, résumant tout un siècle et rappelant tout un passé de labeur humain, un caractère de grandeur dont nous devons tous nous réjouir.

La rue des Nations, dans laquelle s'élèvent les reproductions les plus remarquables des monuments de vos divers pays, nous laissera l'impression ineffaçable d'une accumulation d'efforts prodigieux faits sur tous les points de la surface du globe en vue de la civilisation universelle.

Le talent de l'Architecte non moins que celui de l'artiste se manifeste dans ce magnifique aperçu d'une sorte de voyage à travers l'histoire du Monde et de l'Humanité.

Ces palais, par un heureux contraste, n'ont revêtu la forme extérieure du passé, que pour mieux nous faire valoir toutes les manifestations de votre génie national moderne qu'ils abritent sous leurs toits éphémères.

L'Exposition Internationale de 1900, que vous venez de parcourir, aura été, grâce à la conception primordiale de son éminent Commissaire général, M. Alfred Picard, une grande et instructive « leçon de choses ». Partout, dans son enceinte, autant que les circonstances l'ont permis, on voit en fonctionnement, à côté du produit fini, la machine qui le fabrique.

Nous trouvons, à chaque pas, la preuve de ce que peuvent fournir les efforts scientifiques, industriels et artistiques, accumulés, savamment coordonnés, méthodiquement dirigés par le génie de l'homme toujours en éveil.

Nous clôturons par cette Exposition Universelle un siècle de remarquables recherches dans toutes les branches de l'activité humaine, et nous nous trouvons au début d'une nouvelle période de production intellectuelle et matérielle dont les réalités dépas-

seront, sans aucun doute, les rêves de l'imagination la plus exaltée.

Vous avez certainement dû être frappés par l'importance considérable donnée partout à la note artistique. Tous les objets, même les plus simples, et se prêtant le moins aux effets décoratifs, sont cependant présentés dans toutes les classes de l'Exposition avec beaucoup d'originalité et souvent avec un goût exquis.

En ce qui concerne l'art de l'Ingénieur, qui nous préoccupe plus particulièrement, nous pourrions peut-être regretter qu'on n'ait pas demandé à quelques-uns de nos pairs, maîtres en la matière, de ces travaux de cyclopes, plus gigantesques encore que ceux érigés en 1889 : car ces merveilles d'audace et de hardiesse sont pour nous de précieux jalons marquant bien les étapes des progrès successifs qu'il nous a été possible de réaliser.

Nous sommes, cependant, fiers d'enregistrer les triomphes de la reine du jour, l'électricité, qui est devenue avec une rapidité surprenante la force la plus souple et la plus maniable que la nature ait mise à notre disposition. Elle envahit peu à peu toutes les branches de l'industrie, à tel point qu'aujourd'hui nous pouvons affirmer que l' « Ingénieur moderne sera électricien ou il ne sera pas ».

Cette grande fête de la paix et du travail organisée par la France, avec le concours du Monde entier, ne peut manquer de laisser, après elle, de grands enseignements.

Elle démontre à l'évidence, que la concurrence entre les travailleurs de tous les pays, lorsqu'elle est loyale, comme nous la pratiquons, est un précieux stimulant pour le progrès universel. Le temps est bien définitivement passé des rivalités jalouses qui poussaient certains peuples, au mépris de l'intérêt général, à maintenir leur supériorité relative en retardant la vulgarisation de leurs propres découvertes.

Notre Exposition de 1900 permet aux hommes de toutes les nationalités de se rendre compte des progrès déjà réalisés par les autres, et de tous ceux qui restent à accomplir ; et cela, pour le plus grand bien de l'humanité tout entière. *(Applaudissements.)*

Aussi j'ai la ferme conviction, Messieurs les Délégués, que vous emporterez de votre visite à Paris cette impression, bien nette et bien vive, que la France maintient encore toutes les belles traditions qui ont fait, dans le passé, sa grandeur et sa gloire !

Quant à nous, nous conserverons, avec un grand charme, le souvenir de la bonne fortune que nous aurons eue de pouvoir

vous posséder, pendant quelques jours, et de faire succéder aux relations sévères résultant de nos études techniques et scientifiques, celles plus affectueuses et plus fraternelles dont l'agréable origine datera de votre présence parmi nous.

Au moment de prendre congé de vous, laissez-moi exprimer le souhait de vous retrouver le plus souvent possible, partout où l'art de l'Ingénieur brillera, grâce à votre science et à votre talent.

Nous applaudissons d'avance à vos succès futurs, nous saluons vos espérances dans l'avenir du progrès, et je me fais, avec grand plaisir, l'interprète des sentiments de tous les Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France en levant mon verre à la confraternité qui doit unir tous les Ingénieurs du Monde entier; je bois, Messieurs les Délégués, à vos travaux et à vos patries. *(Vifs applaudissements.)*

Toast de M. Favre-Bourcart

Au nom de la Société Industrielle de Mulhouse.

Messieurs,

Après ce que M. le Président vient de nous dire, il n'y a absolument rien à ajouter, qu'une seule chose, Messieurs, c'est de remercier.

Eh bien, Messieurs, je vous remercie, au nom de l'Alsace, de votre aimable invitation; et j'espère que nos relations, les relations de l'Alsace avec la France ne feront que se resserrer toujours davantage. *(Bravo! Vifs applaudissements.)*

Toast de M. Greiner

Au nom de toutes les Sociétés de Belgique.

Monsieur le Président,
Messieurs,

Je suis un peu pris au dépourvu; je viens seulement d'entrer dans cette salle en venant de voyage et vous m'excuserez si je n'ai pas pu préparer un toast pour répondre au toast si brillant du Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

J'ai souvent vu, dans ma vie, que la bienveillance et la reconnaissance étaient deux vertus qui ne se connaissaient guère. Et cela m'a rappelé une anecdote, un conte oriental, on le dit, que je me permettrai de vous dire.

Lorsque le bon Dieu eut créé toutes les vertus, il voulut, après un certain temps, revoir ces dames ; il voulut les faire paraître en sa présence et eut, pour chacune d'elles, dans la petite revue qu'il passa, un mot gracieux. Il vit la Bonté, il vit la Prudence, il vit la Sagesse et, en grand Seigneur, il leur dit quelques mots aimables, lorsque tout-à-coup il aperçut deux vertus l'une à côté de l'autre, dont il ne connaissait pas le nom et qui se tournaient le dos. Il demanda à la première quel était son nom, elle déclara qu'elle était la Bienveillance. Puis il s'adressa à la seconde qui déclara qu'elle était la Reconnaissance. Et il leur demanda :
— Comment ! vous ne vous êtes jamais rencontrées sur la terre? Elles répondirent: — Jamais, Seigneur.

Je crois que nous venons d'assister, depuis bien des jours, à une série de fêtes que nous devons à la bienveillance et à la bonne grâce de la Société des Ingénieurs Civils de France, et je suis certain que votre reconnaissance est au moins à la hauteur de la bienveillance que ces messieurs ont mise à vous les offrir. *(Très bien ! Très bien ! Vifs applaudissements.)*

Messieurs, puisque j'ai la parole, je trouverai quelque autre chose à dire que le conte oriental. Le pays que je représente est bien petit et les relations que nous avons avec la France sont très étroites; elles augmentent tous les jours et ses relations datent depuis longtemps. Leur accroissement augmente, non seulement en sympathie, mais également par l'intérêt que les affaires apportent tous les jours de plus en plus entre les deux pays. Ils sont nombreux ceux qui sont venus, à certaine époque, établir leur industrie ou plutôt leur siège industriel dans le nord de la France, et aujourd'hui encore, ils sont bien accueillis et sont, pour ainsi dire, devenus des compatriotes. D'autre part, nombreux sont les Français venus en Belgique. Et, pour ne citer que ceux qui ont fait des travaux remarquables dans ces derniers temps, un certain nombre de Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France, tels que MM. Couvreux, Hersent, Coiseau, ne sont pas de ceux qui ont laissé le moins de traces dans les travaux faits en Belgique. *(Très bien ! très bien ! Applaudissements.)*

La Belgique et la France, Bruxelles et Paris sont reliés par des trains faisant le trajet en cinq heures. On promet même bientôt quatre heures, avec une circulation qu'on pourra obtenir de la Compagnie du Nord. Et même on promet plus que cela : on veut établir un chemin de fer électrique entre Paris et Bruxelles; je

crois que ce sera dans les lustres du siècle prochain que nos enfants verront cela, mais cela resserrera encore davantage les liens qui sont actuellement des plus sympathiques. *(Applaudissements.)*

Messieurs, je ne suis pas chargé de parler au nom des délégués des autres nations, je laisserai à ces Messieurs, les amis de la Hollande et autres, de dire ce qu'ils pensent des relations qu'ils ont avec les Ingénieurs Civils de France. Je crois cependant qu'en leur nom je puis dire qu'il existe un monument impérissable, pour ainsi dire, de l'histoire du génie français : c'est l'excellent Bulletin des Ingénieurs Civils de France. Ce bulletin, qui se publie d'une façon méthodique et régulière, dans lequel nous voyons résumés tous les travaux que les Ingénieurs Civils de France font à l'étranger et en France, en Asie, en Afrique, en Amérique, ce bulletin est très remarquable et je sais qu'il est lu avec extrêmement d'avidité par tous ceux qui s'occupent de l'art du Génie civil français.

Messieurs, vous nous avez conviés à voir des constructions que, non seulement nous avons admirées, sinon en détail, du moins dans leur ensemble. J'entendais dire, ces jours-ci, par un Allemand et un Anglais, et ils parlaient français, ce qui permet de traduire fidèlement leur pensée : — Il n'y a qu'un seul pays où l'on puisse faire une Exposition Universelle ; ce pays, c'est la France ! *(Bravo ! bravo ! Longs applaudissements.)* Il n'y a qu'une ville où l'on peut recevoir des délégués comme vous les recevez, et cette ville, c'est Paris. Je crois que vous nous en donnez la meilleure preuve par la réunion à laquelle vous avez bien voulu nous convier aujourd'hui. Et c'est en vous adressant tous mes remerciments que je clos ce commencement de petit discours. *(Applaudissements.)*

Je veux cependant dire ce que nous avons vu encore à l'Exposition. En dehors des œuvres véritables et de l'Exposition à laquelle nous avons donné quelques jours d'attention, il y a quelques travaux du génie français qui resteront et montrent combien ce génie est grand : ces travaux sont ceux que vous avez tous vus et particulièrement le Pont Alexandre et ces deux magnifiques Palais qui font l'admiration de tous ceux qui viennent visiter Paris. De même, à l'Exposition précédente, deux de vos Ingénieurs ont fait des œuvres admirables : M. Eiffel *(Applaudissements)*, et puis cette magnifique halle d'un de vos Camarades aussi, M. Contamin *(Nouveaux applaudissements)*, que l'on a essayé de transformer, mais je dois le dire, d'une façon qui n'est

pas tout à fait de mon goût. *(Rires et applaudissements.)* De même que, de cette Exposition précédente, ces deux grandes œuvres sont restées, de même le Pont Alexandre et les Palais resteront comme une œuvre de l'architecture française au commencement du siècle.

Messieurs, je suis extrêmement long, mais je ne voudrais pas finir sans vous dire qu'ici nous manque, en ce moment, un des hommes extrêmement remarquables, M. Jordan, qui a été votre professeur à beaucoup de vous, qui a été votre Collègue, votre Président; cette homme remarquable, qui a laissé des travaux estimés, avait vu les commencements de l'Exposition; il n'a malheureusement pas pu en suivre les travaux et, actuellement, sa présence ici nous manque. Je dois dire que c'est un souvenir auquel il est permis de donner une note émue. *(Applaudissements.)*

Enfin, Messieurs, permettez-moi de finir ce toast en buvant à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France, et notamment en la personnifiant dans la personne de M. Canet. Quand une Société comme la vôtre peut s'honorer d'avoir un Président comme M. Canet, c'est une grande Société. Je ne sais pas qui honore plus; est-ce M. Canet qui honore la Société ou est-ce la Société qui honore M. Canet en le nommant Président? Je vous laisse la question ouverte. Quant à moi, je bois à la prospérité de votre admirable institution et en vous priant de porter la santé de votre Président M. Canet. *(Bravo! bravo! Longs et vifs applaudissements.)*

Toast de M. Ollgaard

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Danois.

Monsieur le Président,

Messieurs,

Je vous remercie du bon accueil que vous avez bien voulu nous faire ici et dont nous garderons toujours le meilleur souvenir.

Je n'ai qu'à exprimer le désir que vous nous donniez l'occasion de vous rendre votre hospitalité. *(Applaudissements.)*

Toast de M. J. de Koning

Au nom de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Il en est des Associations comme des hommes : il y en a qui ont des amis, d'autres qui n'en ont pas ; il y en a qui en ont toujours eu, d'autres qui n'en ont jamais eu et n'en auront jamais ; chacun aime être l'ami d'un homme excellent, l'ami d'une Société qui se distingue, comme celle des Ingénieurs Civils de France ; votre Société, Messieurs, dont je suis fier, dont je suis Membre depuis de longues années, je puis dire que c'est notre Société. Cela tient à vos qualités personnelles et à son génie. Ces grands travaux que nous voyons ici sont une grande œuvre du Génie civil que représente spécialement la Société des Ingénieurs Civils de France. La Société des Ingénieurs Civils de France étend ses relations partout. Toutes les Sociétés ont des connaissances et des amis, mais il n'y en a pas une qui égale la Société des Ingénieurs Civils de France ; cette amabilité de nous recevoir aux fêtes de famille, de la grande famille des Ingénieurs qui sont ici, comme l'a appelée M. le Président : c'est comme cela que la Société des Ingénieurs Civils de France est devenue comme le centre des Sociétés de partout, de toutes les parties du monde. On nous a invités ici pour assister à cette belle fête ; je souhaite et je ne doute pas que cette Société reste ce qu'elle a été jusqu'ici ; je souhaite et j'espère qu'elle sera de plus en plus le centre, et que cela augmentera autant notre prospérité. Je souhaite la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France, à laquelle je bois. *(Applaudissements.)*

Toast de M. A. Sprega

Au nom de la Société des Ingénieurs et Architectes de Rome.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS,

Dans un Banquet qui est comme le couronnement de la splendide série des réceptions et des soirées que vous nous avez offertes, permettez-moi encore une fois, mes chers Collègues, au nom aussi de M. le Professeur Ziiño, qui est ici avec moi, de vous offrir les remerciements les plus vifs de la Société des Ingénieurs et Architectes, dont le siège est à Rome, et de la

Société des Ingénieurs de Palerme. Nous n'oublierons jamais votre cordiale amabilité, comme il ne pourra jamais s'effacer de notre cœur le souvenir de ces jours passés dans cette immense métropole, et l'admiration qui est suscitée en nous devant les merveilles innombrables que vous avez su réunir dans votre féerique Exposition. Nous qui venons d'un pays où il ne manque pas de monuments et de constructions grandioses, devant le prodige que vous avez accompli, nous sommes restés frappés d'une sincère admiration.

Messieurs, mes chers Collègues, je bois à la grandeur et à la prospérité de votre Société, à la santé de votre Président, de chacun de vous et de toutes vos aimables dames. *(Bravo! Bravo! Vifs applaudissements.)*

Toast de M. M. A. de Quevedo

Au nom de l'Association des Ingénieurs et Architectes de Mexico.

Messieurs et chers Collègues,

Délégué de l'Association, les Ingénieurs et Architectes de Mexico me chargent de prendre la parole pour remercier la Société des Ingénieurs Civils de France du bienveillant accueil qu'elle nous a fait et de son aimable invitation qui nous a permis de fraterniser avec les Ingénieurs Français et les Ingénieurs des autres pays, avec lesquels nous sommes heureux de nous rencontrer. *(Applaudissements.)*

Ils me chargent également de présenter à la Société des Ingénieurs Civils de France les vœux de l'Association Mexicaine. Et bien que profondément convaincu de mon incapacité à vous exprimer quels sont ces vœux ardents et sincères, c'est avec une grande joie que je parle, car pour tout Mexicain Ingénieur, et je puis ajouter tout Mexicain professionnel instruit, c'est une tâche pour lui agréable à remplir de dire à un Français et à plus forte raison à une Société aussi distinguée que la vôtre, combien nous vous devons pour votre rôle intellectuel, et combien nous souhaitons que vous continuiez à porter haut le drapeau de l'esprit latin et de la science, qui amènera le progrès de l'humanité, dans l'ensemble des progrès, des développements scientifiques et artistiques, du bonheur spirituel et intellectuel. *(Applaudissements.)*

Messieurs, tout Mexicain qui est passé par une École professionnelle sait quelle instruction est la vôtre, car nos enseignements sont es vôtres, nos maitres sont les vôtres, et par la science

pratique, vous nous dirigez encore dans les branches de science qui sont pratiquées chez nous. *(Applaudissements.)*

C'est donc avec une grande réjouissance que nous admirons cette œuvre colossale de l'Exposition, cette œuvre dans laquelle se manifeste d'une façon aussi éclatante qu'artistique et savante, l'art de l'Ingénieur Français.

Et, en étudiant cette Exposition, nous constatons, ainsi que l'ont témoigné les autres Ingénieurs étrangers qui nous entourent, que vous avez fait une œuvre digne de vos traditions, digne du progrès du siècle, une œuvre dont vous êtes seuls capables et qui portera ses fruits par tout le monde. *(Applaudissements.)*

Mes compatriotes, mes camarades, nous nous réjouissons de vos succès ; et, au nom de notre Association Mexicaine, nous vous exprimons encore nos remerciements, pour votre bienveillant accueil, et nous répétons que vos succès nous réjouissent, car les succès et la gloire de la France sont la gloire du Mexique. Nous souhaitons bonheur à la France et nous buvons à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France et à la santé de son Président. *(Bravo! Bravo! Applaudissements.)*

Toast de M. Hiorth

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Norvégiens.

Monsieur le Président,

Chers Collègues,

Je me permets de vous adresser les remerciements de tous les Ingénieurs Norvégiens pour l'accueil extrêmement amical que vous nous avez réservé en tant que Collègues de la lointaine Norvège et pour toutes les choses intéressantes que vous nous avez donné l'occasion de voir et d'apprendre pendant ces quelques jours que nous ne pourrons jamais oublier.

A côté de votre aimable accueil, nous nous souviendrons toujours des superbes attractions que nous avons eues sous les yeux et nous rapporterons la plus forte impression de ce superbe pays, de cette ville admirable et de cette extraordinaire Exposition.

Celle-ci nous conduit à revenir sur nos jeunes années, quand nous lisions *Aroun al Raschid* et les *Mille et une Nuits, Aladin et la Lampe merveilleuse!* Nous désirions tant avoir la lampe d'Aladin, pour parvenir à la réalisation de nos souhaits!

Il semble que vous la possédiez cette lampe, vous mes Collègues français qui avez pu, en si peu de temps, construire de tels palais et fontaines et enchanter les produits de vos arts et de vos industries, tels que vous nous les avez montrés. Nous voyons les résultats de votre lampe d'Aladin au Champ-de-Mars et à l'Esplanade des Invalides, et nous vous remercions de laisser vos Collègues des pays étrangers y prendre part. *(Applaudissements.)*

Je lève mon verre à la France en général et aux Ingénieurs français en particulier, vous souhaitant de conserver la lampe enchantée et de vivre de longues et heureuses années ; je souhaite enfin qu'avec l'aide de Dieu vous puissiez accomplir dans l'avenir, servant en cela l'humanité, votre honnête et fière devise :

Liberté, Égalité, Fraternité.

Vivent la France et les Ingénieurs Français! *(Applaudissements répétés.)*

Toast de M. le Chevalier F. Ressano Garcia

Au nom de l'Association des Ingénieurs Civils Portugais.

MESSIEURS,

Nous vous remercions de votre aimable invitation. Je me permets d'occuper votre attention pendant quelques instants, mais au lieu de faire un mauvais discours, je porterai un toast en français. Je crois que vous y gagnerez tous, et moi-même, parce que je me trouve embarrassé de cette délicate mission dont j'ai été chargé.

Mon toast sera très simple et très grand : très simple, vu la modestie et l'insuffisance de celui qui le porte ; très grand, parce qu'il a un but très grand, grandissime.

Je bois au bonheur et à la prospérité de la France *(Applaudissements)*, de ce beau et généreux pays qui marche toujours à l'avant-garde de la civilisation, qui a publié, il y a plus d'un siècle, pour le monde entier, les immortels principes de 89 *(Vifs applaudissements)* ; de ce beau et généreux pays qui, aujourd'hui, conservant toute sa gloire dans cette lutte pacifique des nations dont l'Exposition Universelle n'est qu'une immense synthèse, éblouit tous les étrangers par la grandeur de son œuvre, de sa littérature, de sa science, par la toute-puissance de son industrie ! Je bois à la France, à cette noble et chevaleresque nation

qui peut servir de modèle aux uns et aux autres par son exquise courtoisie et sa brillante hospitalité. *(Applaudissements.)* Je bois à la France, mon pays d'élection, parce que j'y ai étudié, à l'École des Ponts et Chaussées ! Je bois à la France, le pays pour lequel je me suis battu *(Bravo! Bravo!)* j'ai été garde national mobile pendant la campagne de 1870 *(Vifs applaudissements)*, et ce souvenir de ma jeunesse établit un lien solide pour ce pays, où je me trouve entouré d'une compagnie aussi illustre que celle des Ingénieurs Civils de France.

Je bois à la France ! *(Longs et vifs applaudissements.)*

Toast de M. Angel Gallardo

Au nom de la Société scientifique Argentine.

Monsieur le Président,

Messieurs,

C'est un honneur et en même temps une grande difficulté pour moi de prendre la parole dans une Assemblée si distinguée et si imposante, surtout parce que je m'exprime dans la belle langue française qui n'est pas la mienne. Mais je veux malgré tout m'adresser à vous parce que je tiens à manifester la reconnaissance de la Société Scientifique Argentine de Buenos-Ayres, pour votre aimable invitation et ma gratitude personnelle pour toutes les attentions que vous m'avez si gracieusement prodiguées.

Je dois aussi parler comme étant le représentant de la région habitée la plus australe du globe, de cette vaste étendue territoriale dont l'extrémité sud s'élance vers le pôle comme la proue d'un navire au milieu des flots de l'Océan, en s'inclinant légèrement vers l'est, vers la lumière, vers le soleil qui brille, symbolique, dans nos armes et sur notre drapeau. Dans ce vaste territoire qui s'étend depuis le tropique du Capricorne jusqu'à l'extrémité de la Terre de Feu, et de la Cordillère des Andes jusqu'à l'Océan Atlantique, arrosé par d'immenses fleuves et avec les productions naturelles les plus variées, il y a seulement 4 millions d'habitants, et ce seul fait démontre quelle est encore la tâche que les Ingénieurs ont à accomplir pour le faire avancer dans la voie du progrès et de la civilisation.

Malgré sa faible population, la République Argentine possède

aujourd'hui 15 000 kilomètres de chemins de fer et sa capitale, la ville de Buenos-Ayres, avec un port moderne qui reçoit un très grand nombre de navires de tous les pavillons, ses 800 000 habitants, ses rues pavées en bois et en asphalte, éclairées par l'électricité, présente tous les agréments d'une ville européenne ; sa très faible mortalité, n'est que de 16 pour 1 000 habitants par an, grâce à la salubrité de son climat, à son abondante provision d'eau filtrée et à son vaste réseau d'égouts du système le plus avancé.

Les Argentins qui ont hérité de la langue et de la race de l'Espagne, notre mère, et assimilent une forte et laborieuse immigration italienne, reçoivent à travers l'Océan les idées et l'âme de la France.

Nous connaissons, en effet, les noms de toutes vos gloires scientifiques, littéraires et professionnelles et, en particulier, les Ingénieurs de notre École, qui n'a pas encore 35 ans d'existence, étudient spécialement dans les livres et revues françaises, dans les livres et les articles que vous avez écrits, Messieurs. Chez nous se fait ainsi un alliage de tous les peuples latins, dans lequel les éléments anglo-saxons, germaniques et slaves apportent aussi leurs qualités et leurs vertus, comme l'étain est allié au cuivre pour former du bronze. *(Applaudissements.)*

C'est au nom de la plus importante Société Scientifique de la République Argentine, Société ancienne pour un pays nouveau puisqu'elle a 25 ans de vie et compte aujourd'hui plus de 500 membres, que je vous dis merci pour toutes vos amabilités et pour la manière si somptueuse, si cordiale et si fraternelle, dont vous nous avez reçus, à l'occasion de cette splendide et magnifique Exposition qui vous enorgueillit, à juste titre, et dont la réalisation est due, en première ligne, à la Science, à l'habileté et au goût artistique des Ingénieurs de votre célèbre Société. La plupart des constructions que nous avons eu le plaisir d'admirer à l'Exposition sont, en effet, l'œuvre plus ou moins directe des Membres de cette Société, même sans compter cette merveilleuse Tour Eiffel qui n'est plus le clou d'une Exposition ou d'une ville, mais le clou du monde moderne. *(Applaudissements.)*

Je lève mon verre en l'honneur du Génie Civil français et je bois à la prospérité grandissante de la Société des Ingénieurs Civils de cette belle et noble France qui est, comme on l'a répété souvent, la seconde patrie de tous les hommes civilisés de la terre. *(Bravo ! bravo ! Applaudissements.)*

Toast de M. de Schoulatchenko

Au nom de la Société Impériale technique Russe.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

En réponse à votre discours si éloquent et si aimable, je me permets seulement de vous témoigner, de la part de la Société Impériale Technique Russe, les sentiments de notre reconnaissance et de notre profonde admiration pour votre sincère et cordial accueil, et je lève mon verre à la santé de tous les Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Applaudissements.)*

Toast de M. Roxendorf

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils Suédois.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS LES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE,

Comme Membre de la Société des Ingénieurs Civils Suédois, je vous remercie de tout mon cœur de votre cordiale réception.

Je bois à votre prospérité et je bois à la France ! *(Applaudissements.)*

Toast de M. le Colonel Turettini

Au nom des Ingénieurs Suisses.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

C'est à la fois comme Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France et comme représentant des Ingénieurs Civils de Suisse que je suis, Messieurs, au milieu des Ingénieurs Civils de France. Il me semble un peu être en famille, car je n'oublie pas qu'en 1896, je me suis joint à la délégation qui avait été envoyée à Chicago pour visiter la grande Exposition américaine ; je n'oublie pas le mois charmant que j'ai passé avec les Collègues français, à visiter ce grand succès; admirablement reçus par tout le monde des Ingénieurs américains, nous avons pu constater la grâce des Collègues français et l'hospitalité de nos Collègues américains. *(Applaudissements.)*

Eh bien, Messieurs, l'occasion de prendre la parole ce soir, m'a rappelé un toast que j'avais eu l'occasion de porter à Chi-

cago, en 1896, dans le banquet qui a été offert par la Société des Ingénieurs à Chicago à la Société des Ingénieurs Civils de France. Mon toast, Messieurs, était aux Ingénieurs, à l'avenir des Ingénieurs. J'avais fait ressortir qu'en réalité, les Ingénieurs devaient être les maîtres du monde; que les Ingénieurs touchaient à la fois au monde économique, au monde industriel, au capital, à l'ouvrier, et qu'ils pouvaient arriver à faire marcher la science et cette machine si difficile à conduire qui est la vie sociale actuelle. Messieurs, depuis lors, les événements ont prouvé que le char social n'était pas beaucoup plus facile à conduire. Mais, nous avons vu aussi partout l'Ingénieur servir de trait d'union entre le capital et la main-d'œuvre, et c'est là qu'est notre mission à tous; et c'est en résolvant ces grands problèmes sociaux que nous arriverons, comme je le disais tout à l'heure, à être les maîtres du monde, parce que nous aurons pu faire sentir la supériorité intellectuelle et morale de notre œuvre en tous pays. *(Très bien! très bien! Applaudissements.)*

Messieurs, je porte un toast à l'union de tous les Ingénieurs du monde, pour le bien et la prospérité du monde entier. *(Bravo! bravo! Vifs applaudissements.)*

Toast de M. Debray

Au nom de l'Association Internationale pour l'Essai des Matériaux de construction.

MESSIEURS,

Le caractère international de l'Association pour l'Essai de Matériaux de construction ou plutôt la nationalité française de son délégué me donne le privilège de clore la série des toasts portés à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France, à la prospérité de son Président, par les Sociétés représentées à ce banquet.

En l'absence regrettable de M. le Président de l'Association Internationale pour l'Essai des Matériaux de construction, M. le Professeur de Tetmayer, et de tout membre étranger du Comité Directeur de cette Association, je suis personnellement heureux, moi Français, de me joindre aux Délégués étrangers des Sociétés techniques étrangères qui ont déjà pris la parole; veuillez croire que les souhaits de notre Association et de son Délégué sont des plus sincères. *(Applaudissements.)*

Je vous demanderai la permission d'ajouter quelques mots à

l'adresse de MM. les Commissaires des fêtes de la Société des Ingénieurs Civils de France; tous, nous devons les remercier du soin avec lequel ils ont organisé ces réceptions, ces conversations destinées à mettre en relations les Délégués des Sociétés étrangères invitées à vos fêtes et les Membres de votre Société, ces soirées où l'on nous a fait apprécier le grand art, l'art moyen et même l'art badin, ces banquets où la délicatesse des mets et la générosité des vins offerts disposent les auditeurs à une douce bienveillance pour les orateurs documentés et pour les simples improvisateurs. Nous félicitons Messieurs les Commissaires des Fêtes du succès qu'ils ont obtenu, et portons un toast à leur santé. *(Vifs applaudissements.)*

Toast de M. le Colonel Van Zuylen

En son nom personnel.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Vous avez voulu que je porte un toast en mon nom personnel; eh bien! ce n'est pas difficile, après tout ce qui a été dit ce soir, de dire encore quelque chose qui intéresse l'attention de ceux qui nous entendent. Mais, d'un autre côté, je suis très content que vous m'ayez mis dans l'occasion de porter un toast, parce que personnellement, j'ai des relations de longue date de bienveillance qui porte à la reconnaissance, comme mon Collègue de Belgique l'a dit, des relations qui datent depuis bien longtemps avec des Ingénieurs Français. Et, en premier lieu, je me rappelle, avec beaucoup de plaisir, avec beaucoup de reconnaissance, les relations que j'ai eues en 1868, avec mon ami M. E. Lippmann, qui n'est pas loin d'ici. Nous avons travaillé ensemble, rue de Chabrol, sous la direction de M. Laurent; nous avons fait le puits de La Chapelle, et s'il y a aux Indes, maintenant, Messieurs, des puits artésiens qui donnent beaucoup d'eau et de bonne eau, nous le devons en partie à M. Degousée, Laurent et Lippmann. *(Applaudissements.)*

Plus tard, dans l'Exposition de 1878, c'est avec M. Decauville et ceux qui étaient avec lui, que j'ai travaillé au petit chemin de fer. C'est encore un souvenir bien agréable, et j'ai beaucoup de plaisir à le voir ici. *(Applaudissements.)*

Ce petit chemin de fer a rendu beaucoup de services dans la guerre de la Chine, puis on l'a appliqué à l'industrie, et il a été

utile aux colonies. Je me fais un grand plaisir de l'avoir étudié avec lui et introduit dans nos Colonies.

Avec M. Lemonnier (je crois qu'il n'est plus), j'ai eu le plaisir d'étudier la lumière électrique, et 11 ans plus tard, dans la commission de Panama, j'ai fait connaissance avec beaucoup d'Ingénieurs de mérite, et j'ose dire que j'ai bien connu et bien fait la connaissance de tout ce qui est le Paris qui travaille. *(Applaudissements.)* C'est le Paris qui travaille qui a pour moi beaucoup d'attraits. Si j'ai beaucoup apprécié l'Exposition que nous voyons maintenant au Champ-de-Mars et aux environs, c'est surtout aussi le Paris qui travaille que j'admire. Et ce que j'ai vu, je veux le résumer, parce que dans un toast, il faut toujours qu'on vienne à une certaine conclusion, je veux le résumer dans ce que j'ai vu un de ces derniers jours, à la soirée que nous avons passée ensemble au Creusot.

Messieurs, dans le travail de la France, c'est bien le Creusot qu'on peut nommer. J'ai passé une soirée admirable au pavillon du Creusot, j'ai admiré ce qu'on a fait.

Je ne bois pas, ni aux Ingénieurs Civils, ni à la prospérité de cette Société; mais, je porte mon toast personnel, puisque c'est un toast personnel, je porte ce toast à M. Gustave Canet, l'Ingénieur émérite du Creusot! *(Bravo! bravo! Applaudissements prolongés et répétés.)*

Adieux de M. Canet.

Messieurs les Délégués,

Je suis profondément touché des sentiments si affectueux et si flatteurs que vous venez d'exprimer à l'égard de la Société des Ingénieurs Civils de France et de son Président; aussi c'est avec la plus grande satisfaction que je reprends la parole pour vous adresser nos plus sincères et nos plus vifs remerciements.

Lorsque je songe que notre aimable assemblée va bientôt être dispersée dans toutes les parties du monde, dont quelques-unes très éloignées, j'éprouve cette émotion poignante que laisse toujours un départ ami. J'espère que vous conserverez un souvenir agréable de l'hospitalité modeste, mais chaleureuse, que vos Collègues de France eurent tant de plaisir à vous offrir.

Quant à nous, nous n'oublierons jamais les trop courts instants passés ensemble.

Nous sommes heureux de cette nouvelle occasion que nous avons eue de pouvoir resserrer davantage les liens de bonne con-

fraternité universelle qui doivent unir les Ingénieurs de tous pays.

Avant de nous séparer, laissez-moi vous adresser, de nouveau, mes souhaits de prospérité pour vous, Messieurs les Délégués, et pour les Sociétés techniques dont vous êtes les si dignes représentants. En toute circonstance la Société des Ingénieurs Civils de France sera ravie de vous en renouveler l'expression amicale avec la même sincérité et avec le même enthousiasme. *(Bravo! bravo! Longs et vifs applaudissements.)*

Indépendamment des réceptions organisées par la Société des Ingénieurs Civils de France, les Ingénieurs étrangers ont assisté à quelques-unes des visites-conférences si bien dirigées par notre ancien Président M. Georges Dumont. Ils ont, en outre, été reçus au Pavillon du Creusot par M. Eugène Schneider; ils ont pu voir en détail l'exposition de notre grande usine française, admirer l'artillerie, œuvre de notre Président Canet, et toutes les différentes productions de ces immenses usines qui s'appellent le Creusot.

Ils ont été aussi invités à visiter la Tour de 300 *m*, dont notre ancien Président M. Eiffel, assisté de notre Collègue Chardon leur a fait les honneurs avec sa bonne grâce et son amabilité bien connues. Ils sont montés jusqu'au sommet après avoir examiné en détail les ascenseurs construits par la Compagnie de Fives-Lille et dont notre Collègue M. Ribourt leur expliquait le fonctionnement. Puis, après être redescendu à la première plate-forme, ils ont pris part au déjeuner que M. Eiffel leur offrait au restaurant russe. Au dessert, notre ancien Président Eiffel a été vivement félicité par les Ingénieurs étrangers des nombreuses améliorations apportées à la Tour et a reçu les remerciements de tous les convives pour sa cordiale et somptueuse réception.

Enfin, au moment du départ, en prenant congé, les Ingénieurs étrangers ont exprimé à notre Président, M. Canet, et à notre Commissaire général, M. Roger, toute la satisfaction qu'ils avaient éprouvée pour les réceptions si attrayantes et si cordiales qui avaient été organisées en leur honneur et dont ce compte rendu ne peut donner qu'une faible idée, qu'un aperçu incomplet à ceux de nos Collègues qui n'ont pu y assister.

La Commission des Fêtes.

CHARPENTES MÉTALLIQUES

DE LA

SALLE DES FÊTES DE L'EXPOSITION DE 1900 [1]

PAR

M. Pierre REY

I. — Exposé.

La partie centrale constituant la salle proprement dite forme une arène circulaire de 90 *m* de diamètre, inscrite dans le vaste rectangle laissé libre par l'entrecroisement de deux nouvelles galeries transversales avec les anciennes galeries latérales de la grande nef des machines de 1889 ; les angles ont été très heureusement employés à l'établissement de quatre grandes tribunes disposées en gradins pouvant contenir chacune 1 700 spectateurs ; ces tribunes sont recouvertes par une voûte annulaire épousant le contour de la partie centrale et recevant la butée de voûtes en forme de niches placées dans les régions extrêmes.

Le plafond de la Salle, les ornements qui s'y rapportent, ainsi que la rosace vitrée du centre, sont supportés par une ossature en acier restée apparente dans ses lignes principales, mais dissimulée en majeure partie par l'ornementation en plâtre et staff.

Nous laisserons à une plume plus autorisée que la nôtre le soin de décrire les merveilles décoratives de cette œuvre et la beauté de son ensemble, nous réservant seulement d'indiquer les moyens mis en œuvre par les Ingénieurs pour en assurer la stabilité et la résistance.

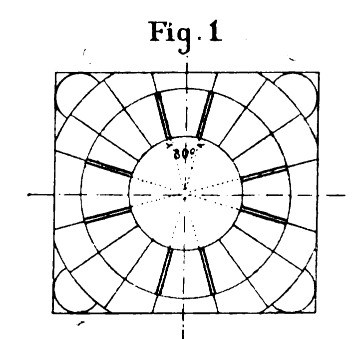
Les grandes lignes de l'ossature métallique, restées apparentes, rayonnent du centre aux extrémités de la Salle ; *(fig. 1)* quatre couples de fermes doubles à piédroits, déterminant 4 secteurs de 30° à cheval sur les axes principaux du rectangle, forment l'arcature principale ; huit fermes simples, montées sur colonnes, divisent chaque intervalle de ces couples en trois secteurs de 20°.

L'équilibre de ces deux catégories de fermes est assuré par

(1) Voir planches 244, 245, 246 et 247.

deux ceintures, l'une polygonale, non apparente, de 90 *m* de diamètre placée à la partie supérieure des piédroits ou colonnes; l'autre, circulaire et apparente, de 56,50 *m* de diamètre reliant les extrémités des arbalétriers; enfin, entre ces fermes, une série de pannes ou poutres destinées à supporter le plafond.

Fig. 1



Cet ensemble, que nous appellerons le pourtour du dôme, forme un tout parfaitement stable et constitue la base de la construction; il est surmonté à sa partie supérieure d'une calotte, en partie vitrée, de 56,50 *m* de diamètre, constituée par trente-six fermes semblables dont les membrures inférieures forment les lignes principales de la rosace. Il reçoit sur ses côtés les fermes de la voûte annulaire et des rotondes, suivant les indications de la figure 1.

Au mois d'août 1898, le service du contrôle des constructions métalliques était saisi de ce projet dont les prévisions comprenaient un total de 2 018 *t* se décomposant comme il suit:

Dôme proprement dit	1 500 *t* d'acier
Planchers des galeries.	450 —
Support desdites	68 *t* de fonte.

La Société des Constructions métalliques d'Onnaing avait obtenu l'adjudication avec 3 0/0 de rabais sur les prix suivants:

Aciers pour solives assemblée, poitrails, etc. . . .	0,30 *f* le kg.
Aciers pour poutres et poutrelles en tôles et cornières.	0,46 —
Fonte pour colonnes creuses fondues sur modèles. .	0,28 —

Les conditions de réception de ces matières étaient définies par un cahier des charges dont nous donnons un extrait à la suite de cette note.

Les poids de toiture comprenant le hourdis ou plafond en plâtre et la partie métallique pour les différentes régions de la construction sont donnés ci-dessous:

Pourtour du dôme.	200 *kg* par mètre carré.
Partie vitrée de la calotte	120 —
Partie hourdée —	200 —
Voûtes annulaires, rotondes et niches.	80 —

Sous la haute direction de M. Résal, Ingénieur en chef des Ponts et passerelles de l'Exposition et de M. Duplaix, Ingénieur principal des Constructions métalliques, nous avons eu à étudier les moyens susceptibles d'assurer l'exécution pratique de ce projet en conservant dans les limites du possible les grandes lignes fournies par l'architecte.

Si on se reporte au chiffre de 1500 *t* donné pour poids de l'ossature métallique recouvrant un carré de 111,10 *m* de côté, on voit que le poids de 121 *kg* par mètre carré de surface couverte nous enserrait dans une limite bien rigoureuse pour un vaisseau de cette amplitude.

Malgré tout, séduit par l'ampleur et la beauté des lignes tracées par M. Raulin, nous avons pris à tâche d'exécuter sa conception dans toute son originalité, nous imposant de ne modifier aucune des parties apparentes, mais nous proposant bien par contre, de recourir dans les parties cachées, à tous les artifices susceptibles de réduire le poids du métal et, par suite, la dépense.

En nous inspirant de ces considérations, nous avons cherché non pas à faire une œuvre pure d'ingénieur offrant au spécialiste le minimum de points critiquables, mais au contraire, à intéresser à la résistance toutes les arcatures destinées par l'architecte à rester apparentes.

C'est ainsi que nous avons été amenés à arrêter toutes les fermes du pourtour à la ceinture intermédiaire et à laisser aux 36 fermes de la calotte une même importance; cette façon d'envisager la stabilité du dôme est évidemment moins heureuse au point de vue de la résistance que celle qui aurait permis de prolonger les fermes doubles et les fermes simples du pourtour jusqu'au cercle supérieur ; le poids du cercle intermédiaire aurait été ainsi considérablement diminué, mais nous ne doutons pas que le magnifique effet obtenu par la grande rosace centrale fasse pardonner les quelques tonnes de métal dépensées en supplément.

II. — **Planches.**

On trouvera dans les quatre planches annexées les parties principales de la construction, la figure 1 de la planche 244 représente le plan d'ensemble des charpentes, les fermes pannes et poutres sont repérées sur ce plan à l'aide de lettres ou de chif-

fres; on remarquera qu'il indique entre les deux ceintures une disposition de pannes établie en vue de vides à réserver dans le plafond, ces vides n'ont pas été maintenus dans l'ornementation intérieure de la salle, mais l'ordre de les supprimer n'est parvenu qu'après la commande des aciers.

Ces planches sont la reproduction exacte des croquis fournis aux constructeurs pour la commande des aciers et l'établissement des dessins d'atelier; si leur examen révèle quelques points critiquables, nous demanderons de bien vouloir considérer que les études n'ayant été commencées qu'au mois d'août 1898, il a fallu terminer la partie métallique à la fin de 1899, soit en tout 18 mois pour études, calculs, laminage des aciers et montage.

De plus, en prévision des lenteurs qu'allaient apporter les laminoirs surchargés de travail, nous avons dû demander à la Société d'Onnaing de bien vouloir faire les commandes d'acier avant l'exécution des dessins d'ateliers, à l'aide seulement des croquis dont il est fait mention plus haut, établis dans l'ordre présumé du montage d'après des calculs faits à la hâte et souvent sans avoir eu le temps d'examiner à quelles dispositions allait conduire l'établissement logique des parties avoisinantes.

III. — Conditions générales d'équilibre et calculs de résistance.

Pourtour du dôme.

Les fermes du pourtour du dôme n'étant pas encastrées dans la fondation ne pourraient être en équilibre sans la présence de la ceinture intermédiaire, mais cette dernière seule, quoi que suffisant strictement à cet équilibre, n'aurait pas permis de donner aux colonnes en acier supportant les fermes simples, toute la légèreté désirable; la ceinture placée à la partie supérieure des piédroits ou colonnes a donc sa raison d'être et peut assurer l'équilibre, quel que soit le diamètre des colonnes et alors même que les fermes seraient munies d'une articulation à son niveau.

La Société d'Onnaing proposait même une articulation au niveau des deux ceintures; cette solution, beaucoup plus coûteuse d'ailleurs, a été rejetée; elle aurait conduit à un ouvrage moins rigide et compliqué, notablement le montage; à notre

avis, son seul avantage était de simplifier le calcul et encore, pour un calculateur exercé, cet avantage était-il plus illusoire que réel, parce qu'il était bien certain, *a priori*, qu'en tenant compte dans le calcul, de la continuité de piédroits aussi longs avec l'arbalétrier, on ne trouverait pas un résultat notablement différent de celui donné par le calcul simplifié supprimant les articulations.

La continuité est d'ailleurs rarement défavorable à un ouvrage ; en la négligeant à propos, on s'expose à mettre un léger excès de métal, mais on gagne, par contre, en frais d'études, souvent bien plus que la valeur du métal en excès ; un organe entraîné dans une déformation générale, fatigue très peu s'il est long et mince et peut être supposé articulé à ses extrémités dans les équations traduisant les déformations de la charpente dans le cas contraire, il y a lieu de tenir compte de la continuité assurée par les assemblages.

L'avant-projet prévoyait pour la ceinture inférieure une section en caisson de 1 *m* de hauteur sur 0,60 *m* de largeur environ; elle affectait la forme d'un polygone inscrit dans le cercle passant par l'axe des colonnes; nous allons donner les motifs qui nous ont amené à modifier cette disposition.

Cette ceinture devait être en état de supporter sans déformation apparente les poussées provenant des fermes qui s'y arcboutent, sa forme en polygone inscrit dans un cercle étant celle du polygone funiculaire de forces égales appliquées à chaque sommet et sa section en caisson lui donnant, eu égard à son développement, une résistance à la flexion à peu près nulle, il s'ensuivait que pour qu'il fût en équilibre, il eût fallu que les poussées des fermes du pourtour fussent toutes égales. Il était facile de prévoir que cette condition ne se réaliserait certainement pas puisque les fermes doubles comportaient des piédroits extrêmement rigides, tandis que les fermes simples étaient montées sur des colonnes longues et minces; d'autres causes, telles que la différence des charges et celle des moments d'inertie des arbalétriers venaient confirmer cette opinion.

On pourrait objecter qu'après une déformation assez faible de la ceinture, l'équilibre s'établirait par suite de la continuité entre les piédroits et les arbalétriers des fermes; cette objection a sa valeur, mais l'établissement de ce nouvel état d'équilibre n'aurait pu se faire qu'au détriment de la solidité des piédroits

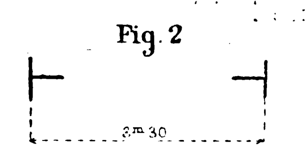
puisque toute diminution de poussée en B entraîne l'augmentation de la poussée en A, et comme, en admettant le point B absolument fixe, le calcul donne pour ce piédroit une fatigue suffisamment importante, il ne nous a pas paru prudent d'entrer dans cette voie.

Il y avait, à notre connaissance, deux moyens de résoudre le problème :

Le premier consistait à conserver la section de la ceinture, mais à donner au polygone la forme du polygone funiculaire des poussées rigoureusement calculées.

Le deuxième moyen consistait à donner à cette ceinture une section transversale suffisante pour qu'elle puisse assurer l'équilibre par sa résistance à la flexion.

Les études étant trop avancées pour qu'on puisse modifier la forme du dôme et la ceinture n'étant pas destinée à être apparente, nous avons conservé la forme polygonale de l'avant-projet, mais distribué le métal de façon à constituer une véritable poutre horizontale *(fig. 2)* comportant deux membrures réunies par un treillis en croix de Saint-André *(voir Pl. 244, fig. 1)*, susceptible de résister à un effort de flexion.



Les deux solutions comportaient à peu près la même quantité de métal, mais la dernière devait nous donner de grandes facilités pour le montage.

Ferme double.

Exposé du calcul. — Chaque ferme peut être considérée comme en équilibre de la façon suivante *(voir fig. 3)* :

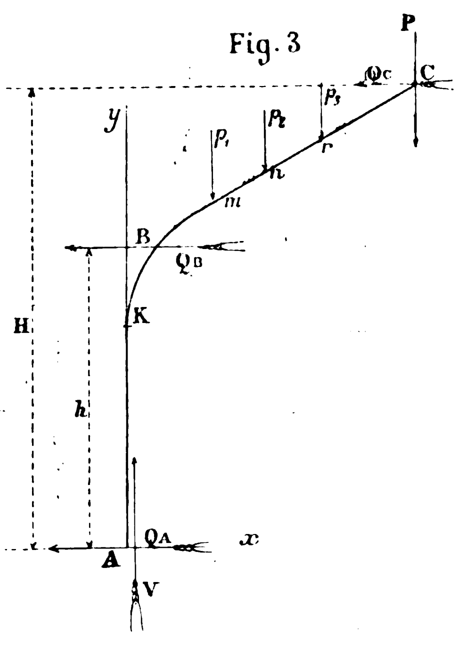
En m, n, r, c, respectivement les poids toiture transmis par les pannes et la ceinture intermédiaire C. (Forces connues).

Les réactions des appuis A, B, C, que nous désignerons respectivement par V, Q_A, Q_B, Q_C. (Forces inconnues).

1° En A, on pourra admettre qu'il n'y a pas de couple d'encastrement; il n'y aura donc, en ce point, qu'une réaction verticale V et une réaction horizontale Q_A; on peut voir sur les figures 12 et 13 de la planche I que cette hypothèse n'est pas loin de se réaliser.

2° En B, cet appui n'étant constitué que par une ceinture horizontale dont on négligera la résistance à la torsion, il n'y a lieu de considérer en ce point qu'une réaction horizontale Q_B;

3° Au point C, l'arbalétrier est buté contre le cercle intermédiaire ; il n'y a lieu de considérer aussi qu'une réaction horizontale.



Ceci posé, admettons comme axe des coordonnées Ay, Ax, et convenons que les forces positives auront le sens ⟵ ou ↑, que les déplacements positifs seront pris en partant de la gauche ainsi que les moments de flexion.

Les moments + auront le sens ↷.

La statique fournit les trois équations suivantes :

$$Q_A + Q_B + Q_C = 0; \qquad [1]$$

$$-p_1 - p_2 - p_3 - P + V = 0; \qquad [2]$$

$$-Q_A H + Q_B(H - h) + \Sigma M_c p \text{ et } P = 0. \qquad [3]$$

La quatrième équation est fournie par la théoriede l'élasticité, elle est :

$$Hh \int_B^C \frac{Mds}{EI} - h \int_A^C \frac{Myds}{EI} + H \int_A^B \frac{Myds}{EI} = 0. \qquad [4]$$

Développement de l'équation [4]. — Si nous désignons par μ le moment de flexion en un point quelconque, abstraction faite des termes provenant de la poussée à la base du piédroit et de la réaction horizontale de la ceinture B, on a :

1°	De A en K,	$M = Q_A y$,
2°	De K en B,	$M = \mu + Q_A y$,
3°	De B en C,	$M = \mu + Q_A y + Q_B(y - h)$.

Remarquons que E est constant sur toute la longueur de l'arc, que le moment d'inertie de la poutre est constant de A en K et variable de K en C.

Posons de A en K : $I = I_p$,

Posons de K en C : $I = I_a$,

dans ces conditions l'équation [4] peut s'écrire :

$$+ H\left[\frac{1}{I_p} Q_A \int_A^K y^2 ds + \int_K^B \frac{\mu y ds}{I_a} + Q_A \int_K^B \frac{y^2 ds}{I_a}\right]$$

$$- h\left[\frac{1}{I_p} Q_A \int_A^K y^2 ds + \int_K^B \frac{\mu y ds}{I_a} + Q_A \int_K^B \frac{y^2 ds}{I_a} + \int_B^C \frac{\mu y ds}{I_a}\right.$$

$$\left. + Q_A \int_B^C \frac{y^2 ds}{I_a} + Q_B \int_B^C \frac{y^2 ds}{I_a} - Q_B h \int_B^C \frac{y ds}{I_a}\right]$$

$$+ Hh\left[\int_B^C \frac{\mu ds}{I_a} + Q_A \int_B^C \frac{y ds}{I_a} + Q_B \int_B^C \frac{(y-h)ds}{I_a}\right].$$

Ordonnant par rapport à Q_A et Q_B, il vient :

$$Q_A\left(\frac{H}{I_p}\int_A^K y^2 ds + H\int_K^B \frac{y^2 ds}{I_a} - \frac{h}{I_p}\int_A^K y^2 ds - h\int_K^B \frac{y^2 ds}{I_a} - h\int_B^C \frac{y^2 ds}{I_a}\right.$$

$$\left. + Hh\int_B^C \frac{y ds}{I_a}\right) + Q_B\left(-h\int_B^C \frac{y^2 ds}{I_a} + h^2\int_B^C \frac{y ds}{I_a} + Hh\int_B^C \frac{(y-h)ds}{I_a}\right)$$

$$+ H\int_K^B \frac{\mu y ds}{I_a} - h\int_K^B \frac{\mu y ds}{I_a} - h\int_B^C \frac{\mu y ds}{I_a} + Hh\int_B^C \frac{\mu ds}{I_a} = 0.$$

L'évaluation des charges a donné pour les différents points les valeurs suivantes :

Au point C, 47 000 *kg* provenant du poids propre de l'arbalétrier et de celui de la calotte applicable à cette ferme.

Aux points *m*,*n*,*r*, respectivement 29 623 *kg*, 7 727 *kg*, 25 296 *kg*]

En remplaçant les lettres par leurs valeurs dans l'équation [4. et effectuant les intégrales, on arrive à l'expression :

$$3\,081\,034\ Q_A + 195\,534\ Q_B = 40\,243\,500\,000 = 0, \qquad [4]$$

qui, combinée avec l'équation [3] :

$$32{,}20\ Q_A + 8{,}20\ Q_B + 1\,337\,240 = 0,$$

donne pour Q_A, le sens ⟶ et le chiffre 3 610,
et pour Q_B, le sens ⟶ et le chiffre 148 900.

Ces résultats permettent d'obtenir aisément les autres inconnues et de déterminer, par des méthodes simples, les effets développés dans les différents organes de la ferme.

Fermes simples.

Les équations données ci-dessus pour les fermes doubles s'appliquent aux fermes simples ; les résultats sont les suivants :

$$Q_A = 891, \qquad Q_B = 126960.$$

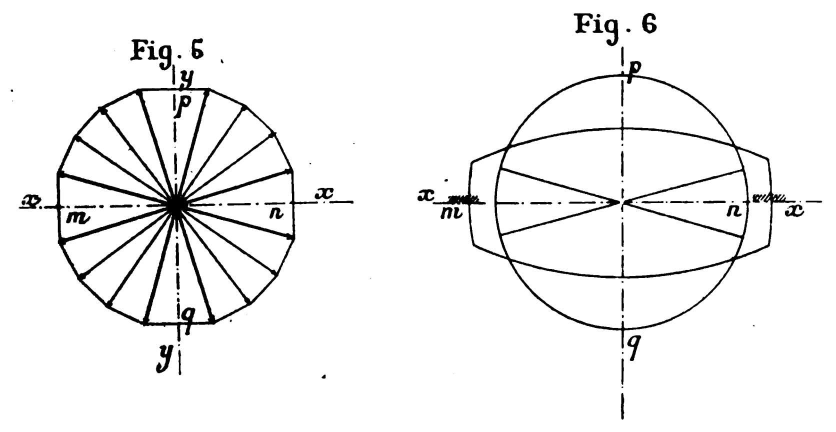
Ceinture inférieure.

Nous avons vu que cette ceinture n'était pas en équilibre, voyons quelle sera sa déformation :

Il est bien évident que les forces étant symétriques par rapport aux axes *xx* et *yy*, (*fig. 5*) les points *m, n, p, q*, se sont déplacés suivant ces axes puisqu'il n'y a pas de raisons pour qu'ils aillent d'un côté plutôt que de l'autre.

On peut, d'ailleurs démontrer la chose d'une façon absolue (*fig. 2*) :

Considérons (*fig. 6*) quatre forces symétriques par rapport à l'axe



xx; il est bien évident que les points *m, n, p, q* seront déplacés suivant les axes de coordonnées et comme les forces ci-dessus peuvent être décomposées en autant de groupes analogues, on voit bien qu'en accumulant toutes ces forces on n'aura jamais, pour les points *m, n, p, q*, qu'un déplacement suivant les axes de coordonnées.

En outre, en raison de la symétrie, les sections *m, n, p, q*, seront restées invariables suivant la direction des axes.

Considérons l'équilibre d'une demi-ceinture (*fig. 7*) :

Les points A et B ne sont pas déplacés parallèlement à Ay.

Les poussées des fermes ont pour valeurs respectives :

$$F = 149\,000\ kg, \text{ pour les fermes doubles,}$$
$$f = 127\,000\ kg, \quad — \quad \text{simples.}$$

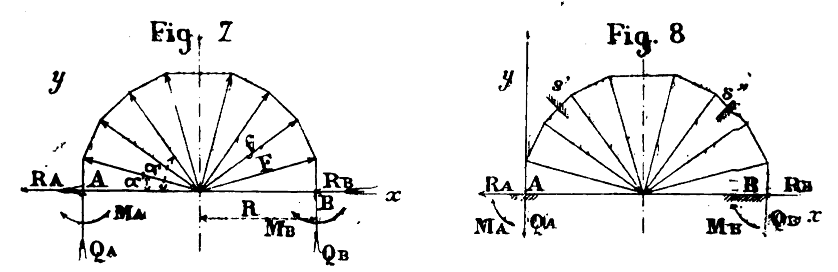
On a les équations suivantes :

$$-R_A + R_B + \Sigma F \cos\alpha' + \Sigma f \cos\alpha = 0, \qquad [1]$$
$$-Q_A + \Sigma F \sin\alpha' + \Sigma f \sin\alpha + Q_B = 0, \qquad [2]$$
$$+(\Sigma F \sin\alpha' + \Sigma f \sin\alpha)R + M_A + Q_A \times 2R + M_B = 0. \qquad [3]$$

En raison de la symétrie, ces équations se simplifient on a :

$$\Sigma F \cos\alpha' + \Sigma f \cos\alpha = 0.$$

Si, en outre, on remarque qu'en prenant les moments par



rapport au point A, on aurait une équation qui serait l'équation [3] dans laquelle Q_A sera remplacé par Q_B; on voit que :

$$Q_A = Q_B.$$

Par suite, les équations ci-dessus deviennent :

$$R_A + R_B = 0, \qquad [1]$$
$$2Q_A + \Sigma F \sin\alpha' + \Sigma f \sin\alpha = 0, \qquad [2]$$

d'où :

$$Q_A = -\frac{\Sigma F \sin\alpha' + \Sigma f \sin\alpha}{2},$$

$$M_A + M_B = 0. \qquad [3]$$

Il reste comme inconnues à déterminer R_A et M_A; quant à Q_A, on peut lui attribuer de suite son signe et sa valeur.

La théorie de l'élasticité va nous fournir les deux équations qui manquent.

Nous avons vu que les sections A et B n'ont pas tourné ; en raison de la symétrie, il est aussi bien évident que les sections S' et S'' n'ont pas non plus tourné ; on a donc (*fig. 8*) :

$$\int_A^{S'} \frac{Mds}{EI} = 0,$$

et, comme E et I sont constants :

$$\int_{A}^{S'} Mds = 0. \qquad [1]$$

Les points A et B se sont déplacés suivant Ax, mais non sui-suivant Ay et les sections A et B n'ont pas tourné, ces conditions donnent l'équation :

$$\int_{A}^{B} \frac{Mxds}{EI} = 0,$$

et, comme E et I sont constants :

$$\int_{A}^{B} Mxds = 0. \qquad [2]$$

Si nous appelons μ le moment par rapport à un point quelconque de la fibre moyenne de la ceinture, des forces connues Q_A, F, f :

$$\mu = M_A + R_A y \pm \mu.$$

L'équation [1] devient :

$$\int_{A}^{S'} M_A ds + R_A \int_{A}^{S'} yds + \int_{A}^{S'} \mu ds = 0,$$

ou :

$$S \times M_A + R_A \int_{A}^{S'} yds + \int_{A}^{S'} \mu ds. \qquad [\ ]$$

S étant la longueur du polygone du point A au point S', μ entrera avec son signe dans les sommes et l'intégrale sera positive ou négative.

L'équation [2] devient :

$$M_A \int_{A}^{B} xds + R_A \int_{A}^{B} xyds + \int_{A}^{B} \mu xds = 0.$$

L'observation ci-dessus s'applique à l'intégrale contenant μ.

Les équations à résoudre sont :

$$S \times M_A + R_A \int_{A}^{S'} yds + \int_{A}^{S'} \mu ds = 0, \qquad [1]$$

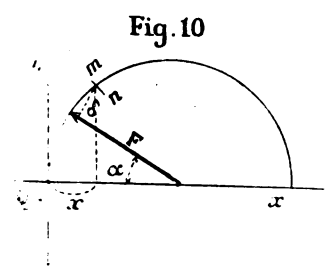
$$M_A \int_{A}^{B} xds + R_A \int_{A}^{B} xyds + \int_{A}^{B} \mu xds = 0, \qquad [2]$$

Pour une section *mn* :

$$\mu = -Q_A x + \Sigma F\delta.$$

La résolution de ces équations donne comme valeur maxima du moment de flexion le chiffre de 46 313 *km*; la tension d'une membrure due à la traction simple est d'ailleurs de 178 381 ; le travail du métal atteint un maximum de 7,3 *kg* sous la traction simple, et de 0,6 *kg* sous l'effort de flexion ; enfin il nous a été facile d'établir que l'allongement de cette ceinture provoque une flèche de 0,013 au sommet des piédroits.

Fig. 10



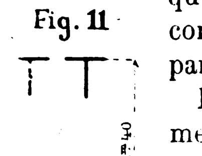
Calotte.

L'ossature métallique de la calotte est donnée par les figures 23 à 28 de la planche 244 et les figures 1 à 11 de la planche 245 ; elle est constituée par 36 fermes semblables formant entre elles un angle de 10° ; les membrures supérieures sont entretoisées par un système de treillis et les membrures inférieures s'épaulent mutuellement par l'intermédiaire des fers supports de vitrage ou de hourdis. Cette calotte repose sur le pourtour du dôme en s'arcboutant au moyen d'assemblages boulonnés sur la ceinture intermédiaire ; dans le calcul, chaque ferme a été considérée isolément ; les entretoisements n'étant destinés qu'à éviter tout flambement des membrures.

Ceinture intermédiaire.

Comme pour la ceinture inférieure, il n'a pas été possible, pour cette ceinture, de suivre l'avant-projet qui ne prévoyait qu'une poutre verticale de 2,40 *m* de hauteur constituée par deux membrures jumelles réunies par un système de treillis (*fig. 11*).

Fig. 11



Les fermes de la calotte poussaient bien également, mais il n'en était pas de même pour celles du pourtour et la forme circulaire imposée par l'architecte venait aggraver l'aléa considérable qu'il fallait faire disparaître.

M. l'Ingénieur principal Duplaix, frappé à première vue de défaut, avait attiré notre attention sur ce point, en nous de-

mandant d'étudier un système d'entretoisement solidarisant cette ceinture avec la membrure supérieure du premier cours de pannes du pourtour.

Les membrures inférieures de la poutre devant rester apparentes, nous avons dû maintenir la forme en poutres jumelles prévue par l'architecte et constituer la ceinture suivant les indications des figures 10 et 20 de la planche 244.

Les équations données à l'occasion de la ceinture inférieure sont applicables à cette ceinture, mais la forme circulaire de la membrure intérieure nous a obligés à tenir compte de sous-efforts de flexion.

La dissymétrie des membrures, ajoutée à cette dernière condition, a occasionné pour cette ceinture un poids considérablement supérieur à celui qui eût été strictement indispensable.

Voute annulaire.

Le plafond de la voûte annulaire est supporté par un système de pannes entretoisées au moyen de fermettes prolongeant celles des voussures du pourtour et représentées sur la figure 1 de la planche 244; les fermes recevant les extrémités de ces pannes sont représentées sur la planche 247; celles portant la notation A'A' ne diffèrent des fermes AA que par un délardement assez notable, motivé par la nécessité d'éviter la rencontre des fermes avec la charpente de la galerie.

La partie supérieure de ces arcs étant fixée aux fermes simples du pourtour au moyen d'un assemblage à boulons, et le piédroit étant ancré faiblement sur la fondation, nous avons tablé dans les équations de déformation sur la variation angulaire possible des sections extrêmes.

La formule donnant la poussée Q aux naissances est la suivante :

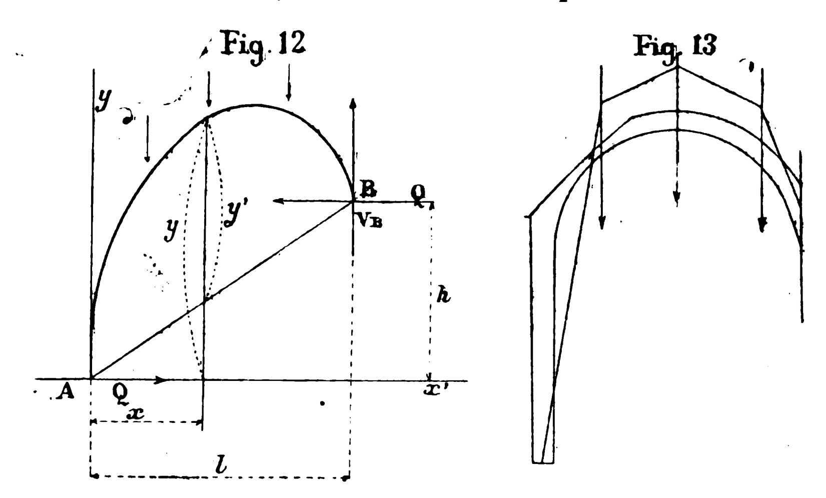
$$Q = \frac{\int_A^B \frac{\mu y' ds}{EI}}{\int_A^B \frac{y'^2 ds}{EI}} \quad (A)$$

Dans cette formule, les lettres représentent les quantités suivantes :

μ = moment de flexion de la poutre droite correspondante.
E = coefficient d'élasticité.
I = moment d'inertie d'une section.

Nous n'insisterons pas sur le calcul des termes de cette formule et sur la suite du calcul de la ferme qui a été effectué par des moyens de pratique courante.

Pour la ferme A'A', nous avons tenu compte de la variation du



moment d'inertie dans l'application de la formule (A) et vérifié que le polygone des pressions coupe la fibre neutre dans la région affaiblie ; dans ces conditions, il se trouvait inutile de renforcer cette section et nous avons pu conserver à la ferme cette forme bizarre qui se trouve, malgré tout, compatible avec de bonnes conditions de résistance.

Nature des métaux.

Sauf de rares exceptions pour des régions peu fatiguées, où nous avons admis la présence du fer, toute l'ossature métallique du dôme, y compris les rivets, a été exécutée en acier de qualité définie par le cahier des charges dont les clauses principales ont été reproduites à la fin de cette note.

Fatigue du métal. — La limite admise pour la fatigue du métal des membrures des poutres droites ou courbes a été prise de 12,50 *kg* par millimètre carré de section.

Pour les barres de treillis comprimées, la limite a été abaissée à 6,50 *kg* et maintenue à 12,50 *kg* pour les barres tendues.

Le nombre des rivets d'attache des barres de treillis a été calculé en tablant sur une fatigue au cisaillement de 6,5 *kg* par millimètre carré de section.

IV. — **Poids des métaux.**

Le poids des aciers employés pour les charpentes métalliques de la salle proprement dite s'élève au total de 1 321 433 *kg* se décomposant comme il suit :

Fermes doubles	155 068 *kg*	
Fermes simples	139 147	
Ancrage des fermes	5 598	
Ceinture inférieure, poutre soutien et arceaux	200 881	
Arcs doubleaux, voussures, poutres, pannes, fers Z, etc.	213 955	
Ceinture intermédiaire	204 143	
TOTAL du pourtour du dôme		918 792 *kg*
Calotte		94 577
Voûtes annulaires, niches, rotondes, façades		308 064
		1 321 433 *kg*

Ces résultats font ressortir le poids, par mètre carré de surface couverte, aux chiffres de :

α. — Pourtour du dôme	231,6 *kg*
β. — Calotte	37,7
υ. — Bas-côtés comprenant voûtes annulaires, niches, etc.	52,5
ε. — Ensemble de la construction	107

Nous avons donc réalisé sur les prévisions de l'avant-projet une économie de :

$$1\,500\ t - 1\,321{,}400\ t = 178{,}600\ t.$$

Usinage.

L'établissement des dessins d'atelier et l'usinage des matières ont été répartis entre trois maisons de construction, de la façon suivante :

Société de constructions métalliques d'Onnaing (Nord).	Pourtour du dôme et calotte : 1 013 400 *kg*.
Ateliers de M. Leclaire, à Montreuil-sous-Bois (Seine).	Voûtes annulaires, niches, rotondes, façades principales : 242 900 *kg*.
Ateliers de M. Schmidt, rue Marcadet, Paris.	Façades principales : 65 000 *kg*.

V. — Montage.

Les opérations de montage ont été commencées au mois de janvier 1899 par la partie centrale constituant le dôme proprement dit ; elles se sont poursuivies pendant une année avec une interruption de trois mois (période du Salon et du Concours hippique). La moyenne des ouvriers occupés à ce travail a été de 40 environ.

Nous avions eu soin, au préalable, de faire procéder à la mise en place, sur les massifs de fondation, des sommiers en fonte destinés à recevoir les piédroits et les colonnes du pourtour du dôme.

Chaque sommier devait être orienté rigoureusement dans sa position ; à cet effet, on avait prévu des tuyaux en fonte pour le passage des boulons de fondation de façon à permettre, par le jeu existant, un léger déplacement ; la surface d'appui a été amenée à l'horizontale et à sa cote rigoureuse au moyen d'un calage en bois.

Lorsque la position de sommier a été rectifiée et vérifiée avec soin au moyen d'appareils de précision, on a coulé du béton sous chacun d'eux en ménageant tout autour une rigole destinée à endiguer le coulis; les trous des boulons ont été aussi remplis de béton.

Ce procédé a l'inconvénient de laisser des bulles d'air entre les surfaces en contact, mais en raison de la forte épaisseur des sommiers et de la faible pression par centimètre carré admise, il ne présentait, dans notre cas, aucun danger et nous assurait une mise en place absolument mathématique, condition considérée comme indispensable, pour éviter tout aléa, dans le montage d'un ouvrage de cette importance.

Dans les opérations successives du montage, on s'est servi des fermes et des pannes de la galerie pour suspendre les appareils destinés au levage; pour les poids inférieurs à 10 000 *kg*, il n'a été pris aucune précaution spéciale, ces organes ayant été jugés suffisants en l'absence de surcharge de neige sur la galerie ; nous indiquerons plus loin les dispositions prises en vue de charges plus considérables.

Première phase. — Les piédroits et colonnes, arrivés en deux tronçons, ont été assemblés à pied d'œuvre au moyen de rivets

puis dressés successivement sur tout le pourtour; chaque segment de ceinture inférieure, arrivé aussi en plusieurs tronçons, a été assemblé avec la poutre soutien, figure 3 de la planche 244, et les fermettes de voussure, puis mis en place; enfin le premier tronçon des arbalétriers a été aussi mis en place.

Ces différents organes, réglés et assujettis provisoirement par des boulons, ont été ensuite assemblés au moyen de rivets; la continuité absolue de la ceinture inférieure et l'invariabilité de son assemblage avec chaque ferme était ainsi assurée.

Deuxième phase. — La deuxième phase comprenait la mise en place des deuxième et troisième tronçons des arbalétriers, des différents cours de pannes et de la ceinture intermédiaire.

Avant la fermeture de la ceinture, cet ensemble devait être supporté en entier par les pannes et fermes de la galerie; en raison même de la rigidité des liaisons de ces différents organes, n'était-on pas en droit de craindre qu'un câble ne se trouve, à un certain moment, chargé au delà des prévisions?

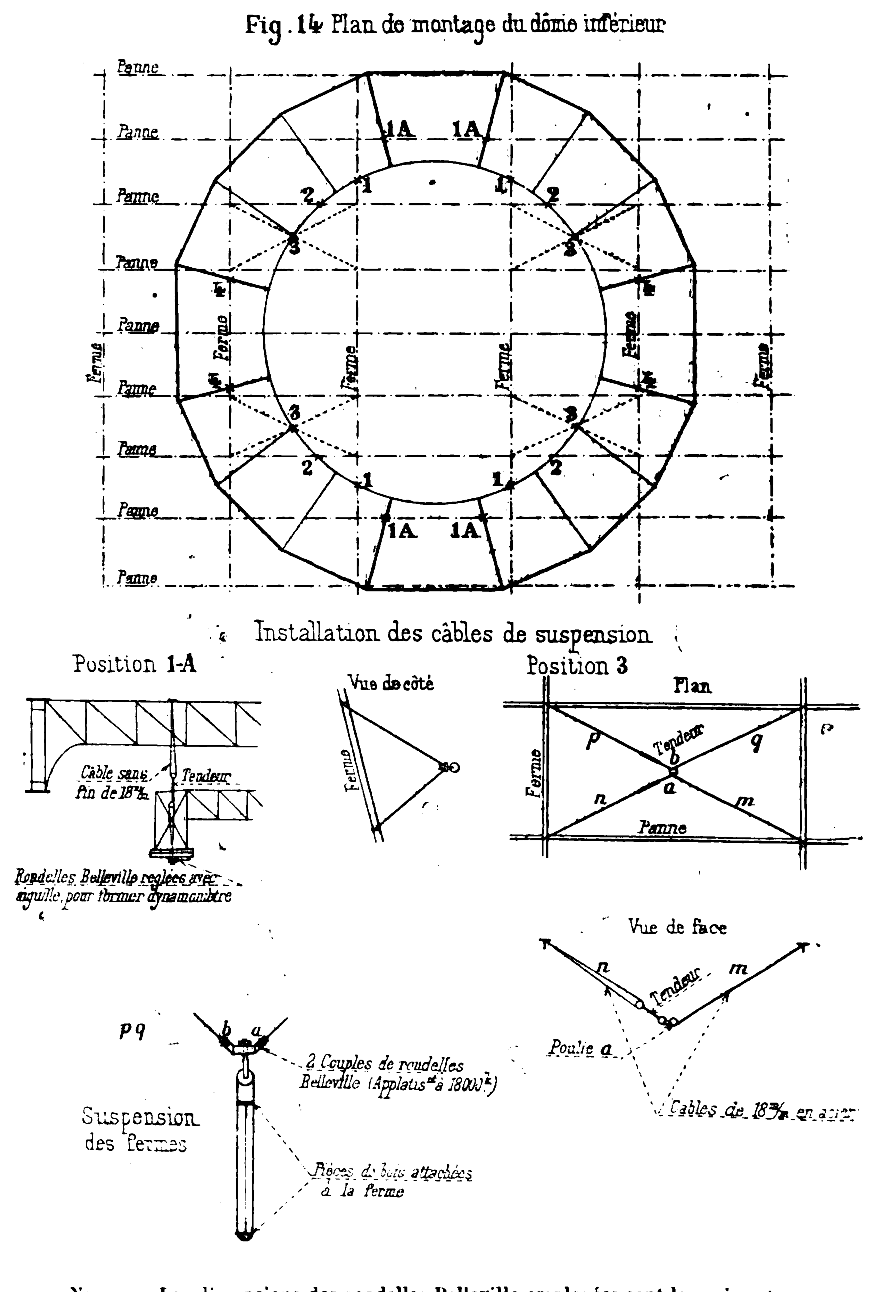
M. l'Ingénieur en chef Résal, voulant éviter cet aléa, a conseillé au constructeur d'interposer dans la suspension un organe jouissant d'une certaine élasticité, afin que le poids total se répartisse plus régulièrement entre les différents points de suspension.

Nous indiquons dans le croquis ci-contre, les dispositions prises par la Société d'Onnaing pour réaliser, au moyen de rondelles Belleville, une suspension élastique répartissant aussi également que possible la charge entre les différents points de suspension.

L'emploi des rondelles Belleville avait, en outre, l'avantage de permettre l'évaluation de la charge transmise.

La suspension a été maintenue pendant tout le temps nécessaire au rivetage de la ceinture intermédiaire; cette opération terminée, on a donné légèrement du jeu aux amarres en délardant, au moyen de tarières, les fourrures en bois supportant l'enroulement du câble sur les charpentes de la galerie, puis desserré avec précaution les tendeurs à vis. En opérant ainsi, tout à coup a été évité et la construction a pu prendre graduellement son assiette. Le montage de la calotte, des voûtes annulaires et des niches, n'a pas présenté de difficultés.

Emploi des rivets à pied-d'œuvre. — Afin d'assurer à la construction le plus de rigidité possible, nous avons exigé que les assem-



NOTA. — Les dimensions des rondelles Belleville employées sont les suivantes :

Diamètre, 210 *mm;* trou, 60 *mm;* épaisseur, 10,5 *mm;* flèche, 6,5 *mm;* aplatissement, 18 000 *kg*.

blages des deux ceintures du pourtour du dôme avec les fermes, ainsi que les joints et les barres de treillis de ces ceintures, soient entièrement rivés.

Les différents tronçons des arbalétriers et des piédroits des fermes ont été aussi rivés, ainsi que les joints des pannes du pourtour; les assemblages de toutes les pannes avec les fermes et les joints de tous les autres organes de la construction ont été boulonnés.

IV. — Vérification des matières et contrôle à pied d'œuvre.

En raison de la rapidité commandée par les circonstances pour l'usinage des matières, les constructeurs ont été autorisés à substituer aux aciers, qualité exposition, non parvenues dans leurs ateliers en temps utile, des aciers ou même des fers pris dans leurs approvisionnements.

Quoique ces matières aient dû en principe faire l'objet d'une vérification à l'usine et que leur emploi dans chaque partie de la construction n'ait pu être fait qu'après examen et autorisation du Service du contrôle; afin d'éviter tout mécompte, il nous a paru prudent de procéder au cours du montage à un contrôle des métaux mis en œuvre.

Il ne nous était pas possible d'avoir recours aux éprouvettes réglementaires dont l'emploi nous aurait mis dans l'obligation de demander le remplacement des pièces où elles auraient été prélevées, nous avons donc pensé que dans cette circonstance nous pourrions trouver une application justifiée des méthodes ingénieuses de M. Charles Fremont, dont les comptes rendus de la Société ont fait plusieurs fois mention.

Ces méthodes de réception n'exigeant que l'emploi de petites éprouvettes rectangulaires de 30 *mm* de longueur sur 8 de largeur, il nous a suffi de faire scier directement sur les extrémités des barres de treillis, couvre-joints, d'âme ou de cornières, de petits triangles de métal n'intéressant en rien la résistance de ces organes, mais susceptibles de fournir aussi bien en long qu'en travers les éprouvettes désirées.

Il ne nous est pas possible de donner ici les résultats de cette enquête, nous nous bornerons à dire qu'elle nous a fourni des indications précieuses, et que nous avons été très satisfaits des méthodes Fremont qui nous paraissent présenter un moyen de contrôle rapide et sûr.

Extrait du cahier des charges.

Vérification des poids.

Les pièces en fer ou en acier laminé devront être fabriquées, aussi exactement que possible, au poids théorique correspondant à leurs dimensions prévues. Pour s'en assurer, on pésera les tôles et les barres dès que 10 *m* environ auront été laminés, et d'après les résultats de cette pesée on prescrira, s'il est nécessaire, de modifier le jeu entre les cylindres des laminoirs, de façon à réaliser le plus exactement que possible les poids indiqués sur les commandes.

Proportion des essais.

Les essais indiqués ci-après pour reconnaître la qualité des métaux seront exécutés à raison de : un essai de chaque genre pour 5 *t* environ, et au minimum pour 10 *t* lorsque l'importance des lots dépassera 100 *t*.

Fonte.

Conditions générales. — La fonte devra être exclusivement de deuxième fusion et de la meilleure qualité ; elle présentera dans sa cassure un grain gris, serré, régulier et avec arrachements.

Elle sera exempte de gerçures, gravelures, soufflures, gouttes froides et autres défauts susceptibles d'altérer sa résistance et la netteté de forme des pièces.

Elle devra être à la fois douce et tenace, facile à entamer au burin et à la lime, susceptible d'être refoulée au marteau.

Toutes les pièces de fonte devront être, après le moulage, ébarbées avec le plus grand soin au burin et à la lime.

Épreuve au choc. — Dimensions des barreaux : 0,20 *m* de longueur et 0,040 *m* d'équarrissage ;

Distance entre les couteaux : 0,160 *m* ;

Poids de l'enclume : 800 *kg*.

Aucun barreau ne devra se rompre sous le choc d'un mouton de 12 *kg* tombant d'une hauteur de 0,40 *m* au milieu de l'intervalle des points d'appui.

Fer.

I. — TOLES, PLATS ET FERS PROFILÉS.

Épreuve à la traction.

SPÉCIFICATION	DIMENSIONS des ÉPROUVETTES	CHARGES DE RUPTURE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ		ALLONGEMENTS 0/0	
		minimum	moyenne (1)	minimum	MOYEN (2)
	mm	kg	kg	kg	mm
Tôles communes. .	Longueur utile : 0,200	en long : 29	en long : 32	en long : 6	en long { 8 pour épaisseurs de 5 à 20 7 — 2 à 4
Fers zorès (1). . .	Largeur : 0,030	en travers : 25	en travers : 28	en travers : 2,5	en travers { 3,5 — 2 à 7 3 — 8 à 20
Tôles ordinaires. .	Comme ci-dessus.	en long : 32	en long : 35	en long : 8	en long { 10 pour épaisseurs de 5 à 20 9 — 2 à 4
Fers plats (1) . . . Fers larges plats (1)		en travers : 28	en travers : 31	en travers : 3,5	en travers { 5 — 8 à 20 4 — 5 à 7 3,5 — 2 à 4
Fers cornières. . .	Longueur utile : 0,200 ; largeur : 0,030 pour cornières ayant plus de 0,05 de côté ; 0,020 pour cornières moins larges.	»	34	»	9
Fers à ⊥, à I et à ⊔	Longueur utile : 0,200 Largeur : 0,030	»	34	»	9

(1) Il ne sera fait d'essai en travers que sur les tôles.
(2) La charge moyenne de rupture et les allongements moyens seront calculés à raison de cinq essais.

II. — Fers de forge, rivets et boulons.

Spécification	Épreuve a la traction					Épreuve du crochet sur une barre forgée de 0,022 m de diamètre et chauffée à blanc. Redressement avant rupture	Prescriptions spéciales
	Dimensions des éprouvettes.	Charges de rupture par millimètre carré		Allongements 0/0			
		minimum	moyenne	minimum	moyen		
Fers ordinaires . .	Éprouvettes prismatiques: long^r utile, 0,200; section : 500 mm^2. Éprouvettes tournées : $l = \sqrt{\frac{80\pi d^2}{4}}$ ou $l = 8d$.	kg 30	kg 33	kg 10	kg 12	4	»
Fers forts.		32	35	15	18	6	»
Fers forts supérieurs		36	38	20	23	8	»
Rivets	Métal de la qualité « fer fort supérieur »	Faire une rivure à chaud. Le métal devra s'étaler bien uniformément sans se fendiller. Les têtes devront résister aux chocs sur les tôles.					
Boulons	Métal de la qualité « fer fort supérieur »	Courber le boulon à froid jusqu'à rupture, pour s'assurer que la cassure est à nerf fin et homogène.					

Acier.

I. — Acier laminé.

Spécification	Épreuves à la traction					Essais spéciaux	
	Dimensions des éprouvettes	Charges de rupture par millimètre carré		Allongements 0/0			
		minimum	moyenne	minimum	moyen		
Tôles, plats d'une largeur supérieure à 0,500 *m*.	*m* Longr utile : 0.200 Largeur : 0,030	En long et en travers. *kg* 38	*kg* 42	*kg* 22	*kg* 22	Pliage à bloc, à froid d'une barrette ayant 0.200 *m* de longueur et 0,030 *m* de largeur. (4e, e)	Pliage à 90° à froid d'une barrette ayant 0,200 *m* de longueur, 0,060 *m* de largeur et poinçonnée en son milieu d'un trou de 0,02 *m* de diamètre.
Cornières plats . .	Comme ci-dessus	38	42	22	22	»	
Rivets	Comme pour les rivets en fer.	34	38	28	28	Essai de rivetage identique à celui spécifié pour les rivets en fer. Des morceaux de barre ayant une longueur double du diamètre et chauffés uniformément jusqu'à la température de l'emploi devront pouvoir être réduits, par martelage, au tiers de la longueur, sans être fissurés.	

NOTE

SUR LES

BATARDEAUX A BACHE IMPERMÉABLE

PAR

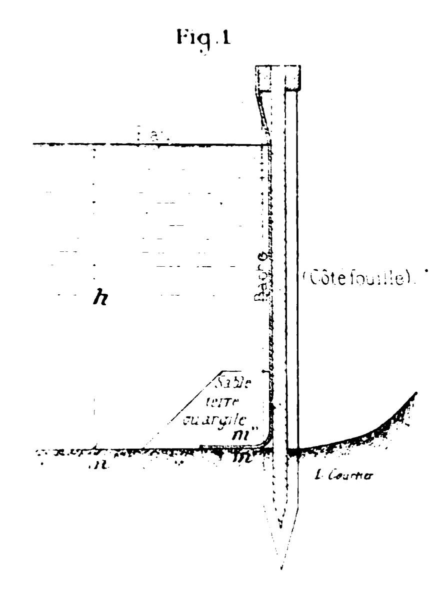
M. N. MÉLIK

Nous donnons ci-dessous l'extrait d'une notice dont le manuscrit complet reste à la disposition de ceux de nos Collègues qui désireraient le consulter.

Généralités.

Les batardeaux en argile entre deux files de pieux et de palplanches sont onéreux à établir, à entretenir étanches et à démolir. Ils occasionnent le plus souvent des frais considérables d'épuisements.

Sans passer condamnation sur ce mode d'exécution, nous avons cherché à atténuer dans une large mesure ces inconvénients en vulgarisant la méthode des bâches imperméables.



En eau calme, comme dans un étang ou une rigole d'alimentation que l'on veut barrer de part en part, la figure 1 indique les dispositions à appliquer. Si la molécule m d'eau se présente en m' pour passer dans la fouille, elle tend à soulever l'élément m' de la bâche par une sous-pression égale à la pression même qui cherche à le mettre en mouvement et qui établit l'équilibre. Pour avoir toute sécurité on ajoute en pratique une surcharge sur la partie en retour de la bâche.

En eau courante, comme dans une rivière, dans un bief de canal où les éclusées et surtout le passage des bateaux à vapeur occasionnent des perturbations considérables, la surcharge en terre ou en sable serait assurément entraînée ou au moins déplacée.

Pour réussir avec le système à bâche imperméable en eau courante, il faut donc faire en sorte que l'eau, qui par sa charge applique la bâche contre l'enceinte côté fouille, ne soit jamais en mouvement.

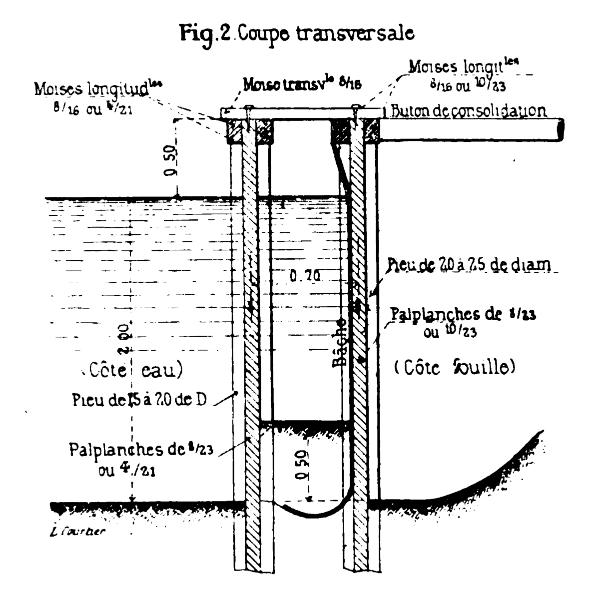
Ce résultat est obtenu sans aucun risque par une double file de pieux et de palplanches.

Nous avons fait ainsi plusieurs batardeaux dont l'un avait 154 *m* de longueur en une seule période. Ce batardeau s'est maintenu en parfait état pendant 65 jours, sans autre épuisement qu'une pompe à un homme pendant deux heures seulement chaque matin.

Mode d'exécution.

La coupe transversale *(fig. 2)* montre les éléments qui composent le batardeau avec double enceinte de pieux et de palplanches, les dispositions et les dimensions des moises longitudinales et transversales.

Les joints au droit d'un pieu des deux moises de la file côté fouille, doivent se correspondre, afin de bien localiser les points faibles que l'on consolide contre la rive au moyen de butons.



Les moises transversales que l'on fixe après l'échouage des bâches et qui relient les têtes des pieux des deux files, sont avantageusement remplacées par une seule pièce fixée à plat, sur chaque tête, au moyen de tirefonds *(fig. 3)*.

Lorsque la charge d'eau dépasse 1,20 *m*, il est utile de butonner le système chaque 4 *m* au droit des pieux et au joint même des moises de la file côté fouille.

Les bâches imperméables se trouvent dans le commerce au prix de 2,50 *f* le mètre carré façonné à la demande.

La toile en pièce a une largeur de 1,10 *m* que le fournisseur assemble à deux ou plusieurs largeurs.

Fig. 3. Plan

En canal, où la hauteur d'eau est d'environ 2 *m*, nous avons employé des bâches de 3,10 *m* formées de trois largeurs ; cela nous a donné un retour de 0,60 *m* à la base et une partie libre de 0,50 *m* pour les fixer facilement, hors d'eau, aux moises.

Les panneaux nous ont été livrés avec une longueur de 20 à 40 *m* suivant le cas. Ces toiles ont servi trois fois sans inconvénient. Après chaque emploi, elles ont été réparées sur place au moyen de pièces à coutures suiffées.

Avant chaque emploi, il faut immerger les toiles pendant quatre ou cinq jours afin qu'elles prennent d'avance toute la contraction, d'environ 5 0/0 en tous sens, résultant du contact de l'eau.

L'échouage demande quelques précautions ; on doit tout d'abord fixer à titre de lest, avec du chanvre gras, au bord inférieur, des éclisses ou bouts de fer plat espacés de 1 *m*. La bande, dans sa hauteur, est pliée en trois et enroulée en longueur pour

faciliter l'approche. On la déroule sur un plancher sommaire installé sur les butons, on déplie vers l'eau entre les deux files d'enceinte et on laisse descendre le bord lesté au fond de l'eau.

A mesure que l'on charge la base comme nous allons l'expliquer plus loin, on tend la toile en hauteur et on la fixe définitivement par le haut, s'il s'agit d'un travail en rivière. En canal, on ne doit la tendre et ne la fixer qu'une fois les épuisements commencés; autrement les éclusées d'aval arracheraient les ligatures.

Lorsqu'on a recours à plusieurs bandes de toile de 30 ou 40 *m* de longueur, on échoue d'abord à une extrémité du batardeau, la première bande entière. Puis on retire de l'eau le bout où il y aura un joint avec la bande suivante, pour faire librement sur le plancher une double couture au fil gras; suiffer avec soin ces coutures des joints verticaux qui sont ainsi parfaitement étanches.

La charge que l'on met sur le retour de la bâche, au fond de la double enceinte, peut se composer de terre ou de sable; une dame arrondie à la base permet de serrer la terre ou l'argile sans la pilonner.

Il peut arriver que des perturbations violentes imprévues (crues ou autres) déplacent la charge si celle-ci n'est pas enfermée dans un boudin de toile ordinaire. Lorsque l'on s'aperçoit d'un commencement de fuite sous forme de suintement, il suffit, pour l'aveugler, de serrer doucement la terre du fond et au besoin d'en ajouter un peu au point faible.

Sans faire état des économies considérables d'épuisements que nous avons réalisés au moyen de nos batardeaux à bâche, ce système, comparé aux batardeaux ordinaires, nous a permis de réduire notablement les dépenses d'installation et de démolition. L'économie par mètre courant de batardeau a été :

En premier emploi de bois et de bâche . . . . . de 30 *f*.
En deuxième — — . . . . . de 23 *f*.
En troisième — (bâches hors de service), de 26 *f*.

CHRONIQUE

N° 250.

Sommaire. — Moyen simple et pratique d'apprécier à chaque instant le travail d'un moteur à vapeur. — La machine compound de Roentgen à l'Exposition de 1900. — Réparation d'une conduite d'eau immergée. — L'exportation des charbons américains. — Lumière artificielle ayant les mêmes caractères que la lumière du jour.

Moyen simple et pratique d'apprécier à chaque instant le travail d'un moteur à vapeur. — L'*Engineering Magazine* donne, sous le titre ci-dessus, une note de M. W. Ripper relative à une question d'un très grand intérêt industriel, ce qui nous engage à la reproduire ici.

L'accroissement continu dans le prix du combustible et l'augmentation correspondante dans le prix de revient de l'unité de puissance produite par les moteurs à vapeur, doit conduire inévitablement, et à bref délai, à un contrôle plus fréquent et plus systématique des conditions de la marche journalière de ces moteurs ; c'est dans cet ordre d'idées, bien plus que dans des perfectionnements dans la disposition et la construction, qu'on doit chercher à l'avenir la réduction du coût de l'unité de travail.

Si on laisse de côté les pertes qui se produisent entre le tas de charbon et le robinet de prise de vapeur de la machine, on peut dire qu'avant de songer aux perfectionnements futurs de la machine à vapeur. il est nécessaire de trouver des moyens de mettre les propriétaires de moteurs à même de constater à tout moment quel est le travail développé par leurs machines et quelle est le rapport du fonctionnement réalisé avec le maximum de ce qu'on peut obtenir.

Il est désirable que les indications obtenues soient non seulement présentes à l'œil, mais encore enregistrées de manière à permettre d'apprécier le fonctionnement d'une manière continue. Ces moyens permettront de reconnaitre des méthodes erronées et coûteuses de conduite des machines, en usage souvent depuis longtemps sans qu'on le sache, et de les faire disparaitre dans la mesure du possible.

Jusqu'ici ce desideratum n'a pu être réalisé, parce qu'on ne possédait pas de moyen simple et facilement applicable de mesure (1). On obtient le travail de la machine avec l'indicateur et le coût de l'unité de puissance en eau et en charbon par le relevé des poids d'eau d'alimentation et de combustible employés, poids divisés par le nombre de

(1) Nous avons mentionné, dans les Comptes Rendus de décembre 1895, une communication de M. Potier à la Société de l'Industrie minérale sur un appareil indicateur et enregistreur du travail des moteurs à vapeur, mais ce système est basé sur un principe différent de celui qui fait l'objet de la présente note. Il en est de même du *compas dynamométrique* de MM. Piguet, de Lyon, déjà connu depuis longtemps et qu'on a pu voir installé dans la Galerie des Machines au Champ-de-Mars.

chevaux obtenus. Cette méthode demande beaucoup de temps et de travail, sans parler de la délicatesse des opérations ; on ne peut la considérer comme praticable pour les besoins journaliers. Il faut avoir quelque chose de plus simple pour obtenir des observations à chaque instant de la journée et toute l'année.

Généralement la consommation de vapeur est spécifiée par l'acheteur et garantie par le constructeur, avec cette réserve que les meilleurs résultats correspondent au travail le plus avantageux de la machine. Mais il est probable que ni l'une ni l'autre des parties contractantes ne sauraient dire au juste quelle sera la consommation dans des conditions autres que les plus favorables. Si celui qui a à payer la note du marchand de charbon avait à sa disposition un moyen facile de reconnaître la grande différence qu'amènent dans la consommation d'un moteur les conditions de fonctionnement, on prendrait certainement plus de soin pour chercher à améliorer ces conditions. Ainsi, pour prendre le cas de certaines machines à grande vitesse, si la consommation à pleine charge par unité de puissance est prise pour unité, elle sera probablement de 1,6 pour la charge au quart, c'est-à-dire que l'augmentation de consommation atteindra le taux de 60 0/0. Si cette dernière condition de marche doit subsister indéfiniment, il est évident qu'il y a quelque remède à apporter pour ramener le fonctionnement de l'installation de force motrice à des conditions moins coûteuses.

Pour obtenir le résultat cherché, il y a deux ordres de faits séparés à examiner : d'abord la puissance développée par le moteur à chaque instant et ensuite la dépense de vapeur correspondante ; il faut pouvoir obtenir ces indications directement et sans mesures ou calculs délicats et compliqués.

L'auteur a étudié une disposition qui n'implique que la lecture de manomètres et qui convient très bien à la plupart des cas en donnant une approximation suffisante.

1° *Puissance développée.* — Pour obtenir la puissance développée par un moteur, il faut reconnaître d'abord la puissance moyenne effective dans le cylindre, puis le nombre de tours par minute, ce qui permet, avec les données de l'appareil, de calculer le nombre de chevaux. Mais, en pratique, surtout dans les applications où le nombre de tours peut être considéré comme sensiblement constant, il suffit de connaître la pression moyenne effective pour avoir la valeur, au moins relative, de la puissance développée.

Pour avoir la puissance moyenne, on emploie un appareil désigné par l'auteur sous le nom de « Indicateur de pression moyenne » et composé essentiellement de deux manomètres dont l'un A indique la pression moyenne motrice de la vapeur et l'autre B la contre-pression. La différence des deux chiffres donne la pression moyenne effective sur le piston.

Ces manomètres sont mis en relation par des tubes avec une boite à clapets communiquant avec le haut et le bas du cylindre par des tubes de petit diamètre. Le jeu de ces clapets, qu'il serait difficile de décrire sans le secours de figures est tel que le haut et le bas du cylindre sont

tantôt en communication avec le manomètre A et le manomètre B, de sorte que ces manomètres indiquent toujours l'un la pression moyenne de la vapeur, l'autre la contre-pression moyenne (1).

Aux essais récents du nouveau paquebot de la ligne Cunard, *Saxonia*, on s'est servi des appareils dont nous noùs occupons; on en avait un sur chacun des quatre cylindres de chacune des deux machines. On a relevé simultanément des diagrammes d'indicateur ordinaires. Le tableau ci-dessous donne les résultats comparés des deux genres d'observations: les chiffres indiquent des livres par pouce carré.

STEAMER *Saxonia*. ESSAI DU 25 AVRIL 1900.

HEURE 2 h. 57 m. après-midi	CYLINDRE HP	1er CYLINDRE INTERMÉDIAIRE	2e CYLINDRE INTERMÉDIAIRE	CYLINDRE BP	PRESSION MOYENNE totale rapportée au cylindre BP
D'après les diagrammes d'indication.	70.0	45,5	21,0	10,8	40,2
D'après les manomètres de l'appareil	70,0	46,5	20,8	10,5	40,0

On peut donc, avec cet instrument, connaitre, à chaque instant et sans avoir besoin de relever des diagrammes d'indicateur, la marche de la machine, la puissance développée et la pression moyenne dans chaque cylindre d'un moteur à double, triple ou quadruple expansion.

L'auteur est allé plus loin et pour permettre de voir d'un coup d'œil non seulement quel est le travail développé dans chaque cylindre, mais encore la proportion de ce travail au travail total, il a construit un « Tableau de puissance » sur lequel les valeurs lues sur les manomètres sont transcrites dans un genre analogue à celui d'un tableau de billard avec un index mobile sur une règle graduée. Il y a dans ce tableau autant de rangées que de cylindres dans la machine; on inscrit sur chaque la pression correspondante en plaçant l'index sur le chiffre convenable de la règle divisée; les échelles des pressions sont dans chaque rangée proportionnelle aux surfaces des pistons des cylindres correspondants. Il est ainsi facile de faire la somme des travaux partiels avec une bande de papier et de connaitre le travail proportionnel dans chaque cylindre.

Beaucoup de machines compound présentent une répartition très inégale du travail entre les différents cylindres, ce qui est une condition peu favorable. Pour remédier à ce défaut, il faut d'abord connaitre son existence, ce qui est extrêmement facile avec l'appareil en question.

(1) Le petit diamètre des tuyaux crée, avec des vitesses de pistons un peu considérables, une résistance qui annule presque les oscillations des aiguilles des manomètres; cet appareil est, de plus, destiné spécialement aux machines marines, qui sont toutes à expansion multiple, et ont, par conséquent, des variations relativement faibles de pression dans chaque cylindre.

2° Dépense relative de vapeur par unité, de pression moyenne effective. — On obtient le poids relatif de vapeur consommée par tour en admettant comme hypothèse que ce poids est proportionnel à la pression absolue moyenne de la vapeur sur le grand piston; on néglige ici la condensation au cylindre. Il serait plus rigoureux de dire que cette dépense est proportionnelle à la pression absolue finale de la vapeur à la fin de la détente dans le grand cylindre, mais on sait que, dans tous les types de machines à condensation la pression absolue finale varie dans le même rapport que la pression moyenne. On peut donc admettre que les pressions moyennes de la vapeur données par le manomètre A de l'instrument à diverses allures représentent proportionnellement les dépenses de vapeur à ces allures.

Pour avoir la dépense de vapeur par unité de puissance, il suffira donc de diviser la pression moyenne absolue de la vapeur sur le grand piston obtenue par le manomètre A du cylindre correspondant par la pression moyenne effective totale rapportée au grand piston.

Ainsi, si on prend l'exemple du *Saxonia* donné plus haut, on trouve que la pression moyenne effective totale rapportée au grand piston, dans un des essais est de 44 livres par pouce carré, la pression moyenne de la vapeur au grand cylindre est de 15 livres, le quotient $\frac{15}{44}$ est de 0,34. Il s'agit d'une machine à quadruple expansion.

Dans une machine à triple expansion, on trouve 39 livres pour la pression moyenne effective totale et 17 pour la pression moyenne de la vapeur au dernier cylindre, quotient 0,436. Pour une machine compound, on aurait $\frac{21,5}{35} = 0,6$.

Les consommations relatives de vapeur par unité de puissance ainsi obtenues sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Quadruple expansion.	Triple expansion.	Double expansion.
0,34	0,436	0,60

Ces chiffres sont dans les rapports : 1, 1,28 et 1,76.

Examinons le cas de la machine compound à deux cylindres à condensation. Supposons que cette machine fonctionne avec moitié de charge, la pression moyenne effective rapportée au grand cylindre étant, par exemple, de 18 livres, si la lecture du manomètre A du grand cylindre donne 12, la consommation relative de vapeur sera de $\frac{12}{18} = 0,67$. Si on fait marcher la machine à pleine charge, la pression moyenne effective montant à 35 livres, on a, d'après le tableau ci-dessus, une consommation relative de 0,60, l'augmentation de consommation, en passant de la charge totale à la demi-charge, se trouve être de $\frac{67}{60}$ = 11,16 0/0.

Ces exemples suffisent pour faire apprécier l'intérêt que présente un instrument permettant de se rendre compte à chaque instant des conditions dans lesquelles fonctionne un moteur à vapeur.

Il serait évidemment nécessaire, pour prétendre à des résultats d'une certaine précision, de comparer les indications de l'instrument avec celles de bons indicateurs, de manière à pouvoir introduire des coefficients de correction applicables aux divers types de machines à diverses charges.

Pour les machines d'usines, aucune correction n'est nécessaire aux cylindres à basse pression, mais aux cylindres à haute pression ayant une faible admission et un certain degré de compression, l'instrument donne une erreur *en plus* de 5 à 0 0/0 pour des admissions de 0,2 à 0,5 et une erreur *en moins* de 2,5 0/0 à l'admission de 0,7 de la course.

Les machines sur lesquelles il parait le plus difficile d'appliquer cet appareil sont les locomotives et les machines compound sans condensation.

Ces machines ont des compressions élevées. Lorsqu'elles travaillent à forte charge, les différences sont faibles, mais lorsque les introductions sont réduites et les compressions fortes, les pressions indiquées du manomètre A se trouvent augmentées et celles du manomètre B diminuées, de sorte que la puissance développée est indument exagérée, mais, même dans ce cas, si l'instrument est corrigé pour les divers crans du relevage et pour les conditions ordinaires de fonctionnement, il ne sera pas difficile d'obtenir des indications exactes pour les pressions moyennes.

Avec les types de moteurs employés dans les grandes installations de force motrice, on obtient des résultats très comparables à ceux que donnent les bons indicateurs.

C'est surtout à ces grandes installations que des appareils permettant au personnel ordinaire de se rendre compte à chaque instant du fonctionnement des moteurs sont appelés à rendre de réels services, c'est un premier et indispensable pas dans la question de la réduction du coût de l'unité de puissance.

La machine compound de Roentgen, à l'Exposition Universelle de 1900. — Tous nos Collègues ont pu voir les intéressants modèles et dessins du musée rétrospectif du groupe VI au premier étage de la Galerie des Machines, mais il est probable que bien peu d'entre eux auront eu connaissance de documents d'un haut intérêt pour l'histoire de la machine à vapeur, qui se trouvaient également au Champ-de-Mars dans un coin reculé du pavillon de la marine marchande. Nous voulons parler de divers dessins originaux des machines compound de Roentgen exposés par la Société des Ateliers de Fijenoord, à Rotterdam.

Ces dessins sont au nombre de huit, dont cinq grands et trois petits; les premiers ont environ 0,90 *m* $\times$ 0,70 *m* ; ils portent des titres en hollandais et la traduction française a été ajoutée à côté.

Voici ces titres :

1° Avant-projet des chaudières et du tuyautage de l'*Hercule*. Echelle 1/24e, ce dessin porte les dates 1829-30 ;

2° Coupe transversale de la coque de l'*Hercule* passant par l'arbre des roues et coupe montrant la façade des chaudières. Échelle 1/24e, date 1830 ;

3° Vues de côté et en plan de la machine et des chaudières de l'*Hercule*, 1/24ᵉ ;
4° Chaudières et tuyautage de l'*Hercule*, 1/24ᵉ ;
5° Piston et sa tige pour cylindre horizontal à haute pression de l'*Hercule*, 1/4, date 1841 ;
6° Machines et chaudières du bateau *Mosella* n° 1, 1/8ᵉ, 1839-40 ;
7° Machines et chaudières du bateau *Mosella* n° 2, 1840 ;
8° Chaudière type locomotive du bateau *Mosella* n° 2, 1/12ᵉ.

Les dessins 2, 7 et 8 sont ceux que nous avons indiqués comme petits.

Nous devons entrer ici dans quelques explications.

Dans la Chronique de décembre 1889, page 757, nous avons eu occasion, au cours d'un article sur l'origine de la machine compound, de reproduire une lettre adressée à notre Collègue, M. J. de Koning, par M. Löhnis, ancien Ingénieur des ateliers de Fijenoord, lettre datée de Rotterdam, 25 novembre 1889.

Cette lettre contenait le passage suivant : « Il y avait à Fijenoord un cabinet bourré de dessins et de papiers que j'ai tous revus pour trouver quelque chose sur l'origine de la machine compound. J'ai retiré de la collection tous les documents qui avaient de l'intérêt à ce sujet, je les ai classés et réunis dans des portefeuilles spéciaux qui, sans doute, pourront être consultés à Fijenoord. En outre, j'ai donné une description des divers systèmes de machines que j'y ai trouvés pour permettre d'établir le rôle que l'établissement de Fijenoord a joué dans l'histoire de la machine marine. Cette collection est très intéressante et je crois que M. Mallet y trouverait son compte s'il allait la consulter. Il y trouverait, si je me rappelle bien, les dessins d'une machine compound sur laquelle la date de 1829 est très lisible. »

Nous ne pûmes malheureusement pas mettre à profit la précieuse indication contenue dans le passage précédent de la lettre de M. Löhnis, mais la publicité qui lui fut donnée par son insertion dans le Bulletin de notre Société porta ses fruits et le journal anglais *Engineer* envoya en Hollande un ingénieur, M. Walter Pearce, lequel photographia une partie des dessins dont il est question plus haut. Ces reproductions, accompagnées de renseignements d'une grande valeur recueillis sur place et de la traduction de nos notes des Chroniques d'octobre et décembre 1889, furent publiées dans l'*Engineer* en 1890 et au commencement de 1891 sous le titre de *Compound Marine Engineer Sixty Years Ago*.

Les dessins exposés au Champ-de-Mars font partie des documents recueillis par M. W. Pearce ; ils ne sont donc pas inédits, à proprement parler, mais ils ne présentent pas moins l'intérêt qui s'attache à des documents originaux constituant de véritables monuments historiques.

Ce sont des dessins au crayon repassés légèrement à l'encre de Chine avec les coupes hachurées et coloriées et des teintes sur certaines parties, telles que le tuyautage. On trouve sur quelques-uns des croquis au crayon et une foule de notes à la main souvent accompagnées des initiales G. M. R. (Gérard Maurice Roentgen). Chose très curieuse, ces notes sont tantôt dans une langue, tantôt dans une autre : ainsi, en anglais, allemand, hollandais et même quelquefois en français. Roentgen

avait probablement des dessinateurs de tous les pays et, polyglotte lui-même, donnait des indications à chacun dans sa langue propre.

Les dessins exposés se rapportent aux appareils moteurs de trois bateaux et nous allons donner une description succincte de chacun de ces appareils.

I. — Machine de l'*Hercule*. — Ce bateau, à coque en bois de provenance inconnue, avait une machine à deux cylindres horizontaux à haute pression, commandant directement l'arbre des roues.

Cette machine était placée sur le pont. Les cylindres avaient 0,532 *m* de diamètre et 1,525 *m* de course. Divers documents indiquent que cet appareil provenait d'un autre vapeur portant le nom d'*Agrippina* (très probablement un bateau faisant la navigation du Rhin) (1). La disposition de cette machine ayant des tiroirs à pistons placés sous les cylindres, le dessin du bâtis et des glissières avec galets de guidage et divers autres détails sont identiques à ceux des machines de Taylor et Martineau.

Ces dernières étaient employées en France, à peu près à la même époque, sur des bateaux, par exemple le *Voltigeur* et le *Remorqueur*, de Seguin et Montgolfier, construits en 1826 pour le touage sur le Rhône, et avaient été faites par Taylor, à Londres. Chacun de ces appareils, de 30 *ch* de force, comprenait trois cylindres de 0,305 *m* de diamètre et 0,965 *m* de course et marchait à condensation. Le brevet d'importation en France des machines de Taylor et Martineau est au nom de Hanchett; il porte le n° 3937 et la date de 23 septembre 1824; la plupart furent construites par Calla.

Pour revenir à la machine primitive de l'*Agrippina*, il semble qu'on peut la considérer avec une certitude presque absolue comme provenant de la fabrique Taylor, de Londres, bien que ce fait ne soit indiqué nulle part.

Roentgen, voulant *compounder* l'appareil moteur de l'*Hercule*, paraît avoir quelque peu tâtonné, car il existe plusieurs dessins d'avant-projets. Il ne pouvait probablement pas aborder immédiatement la solution simple consistant à remplacer un des deux cylindres par un plus grand, parce que d'autres considérations venaient compliquer le problème: la question de dépense, toujours capitale pour un premier essai, et aussi la question de temps, car on trouve, sur un papier contenu dans un dossier de dessins de l'*Hercule*, une note écrite de la main de Roentgen indiquant que le travail de ce bateau doit être poussé avec la plus grande activité.

Ces considérations conduisirent à prendre pour le cylindre à basse pression à ajouter à la machine actuelle un cylindre existant de 1,37 *m* de diamètre et, comme ce nouveau cylindre n'avait pas la même course de piston que les autres, Roentgen dut avoir recours à une combinaison spéciale. Il installa ce cylindre verticalement dans la cale dans l'axe du bateau et sa tige de piston, guidée par un système très simple de parallélogramme, attaquait, par l'intermédiaire d'une bielle, un bouton de

(1) On sait que Cologne avait, sous l'empire romain, le nom de *Colonia Agrippina*, du nom d'Agrippine la Jeune, fille de Germanicus, qui y était née.

manivelle implanté dans un des bras d'un pignon de quarante-neuf dents engrenant avec une roue de soixante-quatorze dents en bois, calée sur l'arbre de la machine à haute pression qui était en même temps l'arbre des roues (dessin n° 3). Le même bouton de manivelle actionnait une pompe à air inclinée desservant le condenseur. La vapeur sortant des cylindres à haute pression, traversait, pour aller au cylindre à basse pression, un long tube à axe horizontal formant réservoir intermédiaire ou *receiver* lequel, sur la légende du dessin, porte une inscription en allemand signifiant *réfrigérateur*, par lequel la vapeur qui a déjà travaillé passe pour aller à la machine à basse pression. Cette désignation s'explique par ce fait que ce réservoir servait, dans la disposition primitive, à réchauffer l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement de la machine à haute pression. Ce receiver porte une grande soupape pour la sortie directe de la vapeur dans le cas où, pour une raison quelconque, on ne se serait servi que de la machine à haute pression. Le dessin indique très nettement un tuyau de prise de vapeur directe allant de la chaudière à la boite à tiroir du cylindre à haute pression, tuyau muni d'un robinet.

La distribution de la vapeur se faisait à ce cylindre par un tiroir à coquille dont la boite était rapportée sur les lumières droites et courtes du cylindre, celui-ci ayant primitivement le tiroir en D long en usage général alors dans les machines à basse pression.

Le rapport de volumes entre un cylindre à basse pression de 1,37 *m* $\times$ 1,07 *m* et deux cylindres à haute pression de 0,523 *m* $\times$ 1,525 *m*, multiplié par le rapport d'engrenages 74 à 49, donne 3,5 en nombre rond, rapport qui s'écarte peu des rapports en usage actuellement pour les machines compound (1).

La vapeur était produite à la pression de 5 *kg* environ par six chaudières cylindriques horizontales de 1 *m* environ de diamètre et 6,10 *m* de longueur, surmontées de cinq réservoirs de vapeur de mêmes dimensions.

Le dessin n° 4 représente, avec les plus grands détails, le tuyautage de la machine et des chaudières. Ce tuyautage extrêmement compliqué parait avoir été établi sur place et sans plan d'ensemble, car le dessin porte à son angle inférieur de droite une inscription en allemand disant : « Dessiné à bord de l'*Hercule*, 1830 », avec la signature S. A. Heucke, nom du chef dessinateur de Roentgen, mort il y a quelques années et à qui on doit de précieux renseignements sur ces machines.

La transformation opérée ainsi sur l'*Hercule* parait avoir parfaitement réussi, car ce navire fit un service très actif de remorquage et de transport de troupes pendant la révolution belge et le siège d'Anvers ; il continua son service jusqu'en 1841 puisqu'à cette époque on changea la chaudières et les pistons des cylindres à haute pression (dessin n° 5). Comme nous l'avons indiqué dans le temps, la coque en bois étant devenue trop vieille, la machine fut transportée sur le vapeur *Rotterdam III* qui marchait encore en 1874. Cette première machine compound a donc fonctionné au moins 44 ans.

(1) Dans notre article de décembre 1889, page 765, le rapport de volumes avait été indiqué par erreur à un chiffre à peu près double.



L'Hercule était un bateau de grandes dimensions pour l'époque; le dessin numéro 2 indique une largeur de 24 pieds, soit 7,25 *m*, ce qui, avec les proportions moyennes en usage alors pour les bateaux à vapeur, correspondrait à une longueur d'environ 45 *m*. Il est intéressant de rappeler que le *Sphynx*, le premier vapeur de guerre français, construit à Rochefort en 1829, et porteur d'une machine de 160 *ch*, avait exactement la même longeur.

L'Hercule, outre le système de machine, présentait des particularités très intéressantes au premier rang desquelles les roues en porte à faux, disposition alors toute nouvelle et qui devint beaucoup plus tard d'emploi général; ces roues (dessin n° 2) avaient 6,10 *m* de diamètre et les aubes 2,75 *m* de longueur. *(A suivre).*

Réparation d'une conduite d'eau immergée. — Les conduites d'eau immergées, qu'on emploie de plus en plus, sont sujettes, dans certains cas, à être crevées par des ancres de navires ou objets analogues et leur réparation présente souvent de sérieuses difficultés. Nous en citerons ici un exemple intéressant emprunté à l'*Engineering Record*.

Une conduite en tôle d'acier de 0,915 *m* de diamètre placée dans une tranchée, à 6 *m* au-dessous de la surface dans la rivière Cuyahoga, à Cleveland, Ohio, fut récemment crevée par la pointe ferrée d'une béquille de drague. On sait que les dragues à cuiller, très employées aux États-Unis, sont, pendant le travail, fixées par des béquilles enfoncées dans le sol. Le trou, fait par la pointe sous la pression d'un cylindre à vapeur, avait 20 *cm* sur 7,5 et se trouvait à la partie supérieure de la conduite. La pression de 6,5 *kg* par centimètre carré régnant dans la canalisation amena une perte d'eau si considérable qu'on dut se préoccuper de réparer l'avarie dans le plus bref délai. L'eau qui s'échappait par l'ouverture troublait le courant à tel point que les plongeurs ne pouvaient rien voir jusqu'à ce qu'on eût supprimé la circulation dans la partie immergée. On put alors reconnaître que le trou était à la partie supérieure, au milieu, avec son axe en diagonale et que les bords de l'ouverture étaient repliés à l'intérieur.

On prit une plaque de tôle d'acier de 25 *mm* d'épaisseur et on la cintra avec soin à la même courbure que la conduite; elle fut percée au centre d'un trou destiné à recevoir un boulon de 45 *mm* de diamètre. Une petite cornière fut rivée tout autour de cette plaque sur le côté concave. Un scaphandrier introduisit dans le trou de la conduite un boulon de 45 *mm* dont la tête, placée au bas, portait sur une forte rondelle s'appuyant sur les bords intérieurs. Sur l'orifice fut posée une plaque de caoutchouc de 25 *mm* d'épaisseur ayant un trou au centre pour le passage du boulon. Sur cette plaque fut placée la plaque en acier cintrée et sur celle-ci une autre plaque de 12 *mm* d'épaisseur formant rondelle sur laquelle portait l'écrou du boulon. Le trou pratiqué dans la plaque cintrée avait été fait à deux diamètres, l'un égal au diamètre du boulon, l'autre plus grand, dans l'espace annulaire ainsi formé, on plaça une tresse de chanvre que la rondelle supérieure forçait dans cet espace par le serrage de l'écrou, de manière à rendre étanche le passage du boulon. La plaque de caoutchouc étant plus grande que la plaque cintrée, les

bords de la cornière rivés autour pénétraient dans le caoutchouc et donnaient un joint étanche sur tout le périmètre. L'écrou fut serré à fond pendant que la partie filetée qui le surmontait était maintenue avec des pinces pour empêcher le boulon de tourner.

Dans un autre cas, un tuyau immergé avait été crevé par l'ancre d'un navire et on avait bouché le trou au moyen d'une plaque de caoutchouc recouverte d'une plaque de tôle, l'ensemble étant assujetti par deux colliers en deux pièces placés autour du tuyau et serrés par des boulons. La réparation ne réussit pas faute d'étanchéité suffisante et on n'obtint celle-ci que lorsqu'on eut ajusté à la plaque métallique supérieure un cercle en fer demi-rond faisant l'effet de la cornière dont il a été question ci-dessus et permettant de concentrer la pression du serrage sur une faible surface de caoutchouc.

La nécessité de réparations de ce genre et le danger de voir les conduites immergées crevées et le service interrompu a conduit M. M. W. Kingsley, directeur des eaux. à modifier la forme en syphon renversé pour la composer de parties droites horizontale et verticales qu'on peut placer entièrement dans des puits et des galeries pratiquées sous le fond des cours d'eau à 20 *m* et plus en contre-bas de la surface. On a déjà fait plusieurs installations de ce genre, lesquelles ont donné toute satisfaction.

L'exportation des charbons américains. — Les exportations de charbon des Etats-Unis pendant l'année 1900 atteindront probablement une valeur de 105 millions de francs, contre 52 millions en 1896 et 6 millions en 1890. Les chiffres du bureau des statistiques du Trésor montrent que, pour les sept premiers mois de 1900, il y a une augmentation de 50 0/0 sur ceux de la période correspondante de l'année précédente, et de 100 0/0 sur ceux de la même période de 1898. Pour ces derniers, les exportations de charbon des États-Unis s'élevaient à 2 375 450 *t*; pour la même période de 1899, elles étaient de 3 millions de tonnes et, pour la même de 1900, de 4,6 millions de tonnes.

Entre 1890 et 1900, l'exportation de charbon des États-Unis a quadruplé, mais l'augmentation s'est surtout fait sentir depuis 1898. Elle a porté sur tous les pays du monde, mais elle est surtout marquée pour les contrées de l'Amérique. Ainsi pour le Canada, les chiffres de 1898 sont de 1 790 000 *t* et ceux de 1900 de 3 254 000 *t*. L'exportation au Mexique était de 244 000 *t* pour les sept premiers mois de 1898, et de 415 800 *t* pour la période correspondante de 1900. Pour Cuba, on trouve respectivement 114 700 et 241 700 *t*; pour Porto-Rico, 2 620 et 15 300 *t*; pour les îles Hawaï, 10 380 *t* dans les sept premiers mois de 1899 et 21 000 *t* dans la même période de 1900; aux îles Philippines, 4 810 *t* pour 1898 et 41 100 *t* pour 1900, soit une augmentation de plus de huit fois.

Les essais faits avec les charbons américains en Europe depuis deux ou trois ans, paraissent avoir donné de bons résultats à en juger par l'augmentation de l'exportation de ce côté. Ainsi dans les sept premiers mois de 1898, les quantités envoyées en Europe atteignaient seulement le total de 4 500 *t*; en 1900, le total correspondant est de 278 200 *t*. Sur

ce chiffre, le Royaume-Uni a pris 200 *t*, l'Allemagne 4 000 *t*, la France 77 500 *t* et les autres pays 196 500 *t*.

A ces renseignements, extraits du *Scientific American*, il est intéressant d'ajouter les réflexions suivantes, que nous trouvons dans l'*Engineering Magazine*.

La possibilité dont on a tant parlé d'une invasion du marché anglais par les charbons américains, vient d'être prouvée matériellement par l'arrivée à Londres d'un chargement de 3 700 *t*, venant de Philadelphie, pour le compte de la South Metropolitan Gas Company. Si la quantité en elle-même est insignifiante, le fait est de nature à faire réfléchir.

Une communication insérée dans le *Journal of Gas Lighting* contient des observations intéressantes à ce sujet. La nature de ce charbon est spéciale, c'est du charbon à gaz du Westmoreland, qu'on assure avoir une production en gaz de 40 0/0 supérieure aux charbons à gaz ordinaires anglais. Jusqu'ici, le coût du transport rend ce charbon un peu plus cher, rendu en Angleterre, que le charbon anglais; mais si l'expérience confirme la supériorité de sa production de gaz, il reviendra finalement meilleur marché; l'envoi dont nous nous occupons a précisément pour but de faire cette constatation. On doit, en tout cas, s'applaudir de tentatives de ce genre, qui auront pour effet, en cas de succès, d'enrayer la hausse des charbons en ouvrant une concurrence partout où elle pourra se produire utilement et de donner un avertissement au commerce qui serait tenté d'abuser de la situation.

Le marché européen tente vivement les producteurs de charbons américains et, même si de grands chargements ne sont pas dirigés sur l'Angleterre, mais seulement sur le Continent, ils n'en atteindront pas moins la Grande-Bretagne par ricochet, en lui ôtant partiellement un débouché pour ses charbons.

Même si on admet que la situation actuelle est due à une combinaison de causes diverses et qu'elle n'est pas destinée à durer, il ne faut pas perdre de vue que la demande des combustibles va toujours en croissant et que chaque jour on trouve de nouvelles applications de la force motrice qui se traduisent par un accroissement de la consommation du charbon. On se trouve donc fatalement conduit à considérer que le seul remède contre un accroissement continu des prix est dans les nouvelles et abondantes ressources que nous offrent les États-Unis.

Lumière artificielle ayant les mêmes caractères que la lumière du jour. — Nous donnons d'après le *Journal of the Society of Arts* un extrait d'un mémoire lu devant la Section A à la dernière réunion de l'Association Britannique à Bradford, par MM. Arthur Dufton et Walter M. Gardner.

On sait que beaucoup de couleurs changent lorsqu'elles sont vues à la lumière artificielle. Ainsi une couleur verte au jour devient brun rouge à la lumière du gaz, le violet devient pourpre, le gris héliotrope, etc. A la lumière de l'arc électrique, les changements sont analogues, mais moins prononcés.

Il est intéressant d'expliquer brièvement comment se font ces changements de nuance. La couleur d'un objet dépend, en premier lieu, de

la nature de la lumière incidente. Avec une lumière rouge monochrome le rouge parait comme au jour, mais le jaune parait rouge, le gris presque noir, tandis que le bleu et le violet paraissent rouges.

La lumière du gaz montre un spectre continu allant du rouge au violet, mais comparée à la lumière du jour, elle est d'une couleur orange due à une prédominance des rayons rouge, orange et jaune. Il n'en résulte pas, toutefois, que toutes les couleurs doivent paraître plus rouges à la lumière du gaz. On sait que la plupart des couleurs changent relativement peu dans ces conditions. Cet effet est dû à la propriété que possède l'œil de se modifier selon les circonstances. Si le rouge augmente dans la lumière, l'œil devient moins sensible au rouge, si la lumière manque de rayons verts, l'œil devient plus sensible au vert. Les personnes qui travaillent habituellement à la lumière du gaz cessent bientôt de constater sa couleur orange intense. Il en résulte que du gris produit par un mélange de noir et de blanc parait gris avec tous les genres d'éclairage et que des couleurs simples, telle que le rouge, l'orange et certains verts correspondant à une partie limitée du spectre éprouvent peu de changement.

Toutefois, en général, la couleur d'un objet est due à un mélange de lumière provenant de diverses parties du spectre. Toutes les couleurs violettes sont transparentes, non seulement pour la lumière violette, mais encore pour les bleue et rouge; les couleurs bleues transmettent non seulement les lumières bleue, violette et verte, mais aussi les rouges. Par suite, toutes les fois que du bleu ou du violet entre dans la composition d'une couleur tertiaire, il en résulte que la couleur a des raies brillantes dans différentes parties du spectre. Un mélange de rouge, de bleu et de jaune, formant un gris neutre, donne des raies brillantes dans le rouge et le vert, couleurs complémentaires, produisant une certaine proportion de lumière blanche. Suivant la position exacte et l'intensité de ces raies, le gris devient plus rouge ou plus vert ou même peut rester sans changement, à la lumière du gaz.

En général, les couleurs deviennent plus rouges à la lumière artificielle. Cet effet est dû, non pas seulement à la nature plus rouge de la lumière artificielle comparée à celle du jour, mais surtout à la transparence particulière des matières colorantes pour la lumière rouge.

Parmi les rouges et les jaunes, nous possédons beaucoup de matières colorantes parfaites au point de vue théorique, cette perfection consistant en une forte absorption pour les rayons violet et bleu et une parfaite transparence pour les rayons vert, jaune, orange et rouge. Un bleu parfait doit être transparent pour le violet, le bleu et le vert et opaque pour le reste du spectre. On ne peut guère obtenir un bleu semblable qu'avec les sels de cuivre; tous les autres pigments ou matières colorantes bleus laissent plus ou moins passer la lumière rouge. Les verts également laissent passer un peu le rouge. Cette transparence particulière des couleurs pour la lumière rouge est d'une importance capitale dans l'art de la teinture et du coloris. Tous les teinturiers savent combien est persistante la tendance au développement du rouge dans la production des couleurs composées.

Le besoin d'une lumière artificielle permettant de voir les couleurs

comme au jour est ressenti depuis longtemps. On emploie généralement à cet effet l'arc électrique, mais le résultat n'est pas entièrement satisfaisant.

La nature particulière de la lumière du jour est due essentiellement à la modification que l'atmosphère apporte aux rayons solaires. La lumière qui vient du nord et qu'on emploie généralement pour peindre manque de rayons rouges, oranges et jaunes, et est par conséquent bleue si le ciel est clair.

Partant de ce principe que la lumière de l'arc électrique est celle qui se rapproche le plus de la lumière du jour, les auteurs ont cherché à imiter cette dernière en obtenant par une absorption directe l'effet de dispersion de l'atmosphère. La lumière d'une lampe à arc a deux parties bien distinctes : 1° la lumière produite par les charbons incandescents et 2° la lumière de l'arc lui-même, caractérisée par sa richesse en rayons violets. Dans les lampes à arc de type enclos la longueur de l'arc est augmentée et, par suite, ces lampes donnent une lumière plus riche en rayons violets. Bien que ces lampes puissent avoir une proportion plus ou moins grande de ces rayons, elles ont toutes le caractère commun d'être plus riches que la lumière du jour en rayons rouges, oranges et jaunes relativement à la proportion des rayons verts et bleus. Par suite de la perméabilité particulière des couleurs à la lumière rouge qui a été signalée, il est d'une importance capitale que la proportion de la lumière rouge soit réglée avec soin. De petites variations dans la proportion du violet ont moins d'importance, parce que l'œil est moins sensible aux rayons violets, et aussi parce que, dans le mélange des couleurs, il n'y a pas la même tendance à la production de raies violettes, comme cela se produit avec le rouge, puisque les couleurs jaunes s'absorbent généralement d'une manière complète dans le violet.

L'absorption nécessaire des rayons moins réfrangibles peut être effectuée au moyen de sels et bleus de cuivre. Une solution de sulfate de cuivre a une faculté considérable d'absorption à l'extrémité rouge du spectre, faculté qui va en diminuant vers le vert.

En pratique, on modifiera la lumière des lampes à arc en la faisant passer à travers des verres colorés en bleu pâle au moyen de sels de cuivre. Ces verres colorés pourront être disposés sous la forme de globes remplaçant les globes ordinaires des lampes à arc.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juillet 1900.

Séance générale des prix du 8 juin 1900. — Discours et rapports sur les récompenses.

Rapport de M. Huet sur **le laboratoire portatif de photographie** de M. le commandant Hardy.

Ce laboratoire, qui permet d'opérer partout les manipulations qui doivent être exécutées sur les plaques sensibles à l'abri de la lumière, se compose essentiellement d'une caisse étanche à la lumière blanche et éclairée par des verres rouges, dans laquelle les mains de l'opérateur pénètrent par l'intermédiaire de manches et de fausses manches avec élastique. Cet appareil, dont il existe déjà d'analogues, se distingue par son caractère éminemment rationnel et pratique.

Sur la dilatation des pâtes céramiques, par M. Chantepie, aide-préparateur à l'École des Mines.

Ces recherches sont la continuation de celles qui ont été poursuivies par M. Coupeau, sous les auspices de la Société d'Encouragement. Dans celles-ci, on s'est proposé de préciser le rôle des différents éléments qui peuvent entrer dans la composition des pâtes céramiques au point de vue de la dilatation.

Constitution chimique des aciers. — Influence de la trempe sur l'état de combinaison des éléments autres que le carbone. Note de MM. Carnot et Goutal. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Notes de mécanique. — Monographie du Laboratoire de mécanique de l'Université de Liège, par M, Dwelshauvers-Dery. — Rapport sur l'automobilisme, par MM. Rochet, Guenot et Mesnager. — Corrosion et rupture des arbres d'hélice, d'après M. Scott Younger. — Sur le développement et la propagation de l'onde explosive, note de M. H. Le Chatelier. — Sur la propagation des ondes condensées dans les gaz chauds, note de M. H. Le Chatelier.

Aout 1900.

Les origines du moulin à grains, par M. L. Lindet.

C'est une étude très curieuse et très documentée sur le développement successif de l'art de moudre, qui est la plus ancienne des industries humaines, depuis son origine, qui est très obscure jusqu'à une

époque relativement récente. Cette très intéressante étude est illustrée de 53 figures, elle comprend l'examen des moulins à bras ou à moteurs animés, à eau et à vent; ces derniers sont les plus récents. Vitruve, qui a laissé un tableau très complet des connaissances industrielles de son temps, n'en fait pas mention.

Notice monographique sur **les ordures ménagères de Paris,** par M. P. Vincey.

Cette question a été traitée par l'auteur devant notre Société. (Voir *Bulletin* de juin 1900 (1re quinzaine), page 643.)

Du moulage sur mica des préparations pour métallographie, par M. H. J. Hannover.

Progrès réalisés depuis 1889 dans la métallurgie du fer et de l'acier et spécialement dans le procédé Martin, par M. Henry M. Howe. (Mémoire présenté au *Congrès international des Mines et de la Métallurgie.)*

Notes de mécanique. — Déchargeurs Hulett. — Laminoir Murphy, pour tubes minces. — Machine à décoller Huskins. — Sur le volant élastique, par M. Lecornu. — Rôle des discontinuités dans la propagation des phénomènes explosifs, note de M. P. Vieille.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er trimestre de 1900 (suite).

Notes sur **la construction du pont Alexandre III,** par MM. Resal, Ingénieur en chef, et Alby, Ingénieur des Ponts et Chaussées. — Troisième partie : Travaux métalliques *(suite).*

Cette partie s'occupe de la structure et de la mise en place du tablier métallique et des résultats obtenus au point de vue de la stabilité de l'ouvrage, des effets de la température et des charges. Une note annexe donne les calculs de la stabilité des tabliers.

L'éclairage électrique du port de Bordeaux, par M. R. Meunier, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le principe d'un éclairage effectif des quais du port de Bordeaux étant admis, le programme à réaliser comportait : 1° un éclairage permanent devant fonctionner toute la nuit, comme l'éclairage municipal ordinaire, sur une longueur de quai en rivière atteignant 2 800 *m* et sur le pourtour du bassin à flot, dont le développement est de 1 777 *m*; 2° un éclairage supplémentaire destiné spécialement à éclairer le bord du quai et à donner, par sa combinaison avec l'éclairage permanent, un éclairage continu et abondant de l'ensemble des quais et de ses dépendances.

On a été conduit, par des considérations de divers ordres, dans le détail desquels nous ne saurions entrer ici, à employer 40 foyers à arc, savoir : 30 arcs de 15 ampères sur les quais en rivière et 10 arcs de 45 ampères autour du bassin à flot. L'espacement moyen est de 100 *m* pour les premiers et de 120 pour les seconds.

Quant aux foyers supplémentaires dont on a jugé inutile, au moins pour le moment, de munir le bassin à flot, leur nombre est indéterminé ; on a placé, sur les quais, 22 pylônes à deux crosses portant 44 arcs de 7,5 ampères.

Les canalisations sont aériennes. L'usine électrogène contient une machine compound verticale de 35 *ch*, avec condenseur par mélange indépendant et une dynamo à excitation compound de 275 volts et 95 ampères. L'eau de condensation est refroidie dans un appareil spécial muni d'un ventilateur. La vapeur est fournie par des chaudières Babcock et Wilcox avec économiseur, ces chaudières fournissant également la vapeur au service des grues hydrauliques dont l'usine se trouve dans le même bâtiment.

Les dépenses de premier établissement se sont montées à 100 000 *f*, sans compter les chaudières, ce qui représente environ 2 500 *f* par lampe à arc. Les dépenses de service s'élèvent à 8,25 *f* par heure, ce qui donne 0,206 *f* pour le prix de l'arc-heure et 0,25 *f* par hectowatt-heure en moyenne, chiffre qui pourra encore s'abaisser.

Le prix de l'éclairage accidentel ou supplémentaire est fixé par un tarif à la durée donnant les prix par nuit, la nuit comprenant un nombre d'heures variable.

Épuration et filtration des eaux d'alimentation de la banlieue de Paris, par MM. Veilhan, Ingénieur des Ponts et Chaussées et Regnard, Ingénieur civil des Mines.

Cette note décrit le procédé de filtration et d'épuration, connu sous le nom de procédé Anderson, qui consiste à mettre l'eau en contact avec du fer dans un appareil rotatif, à décanter l'eau contenant une certaine proportion de sel de fer et à la filtrer au moyen du sable. La pratique indique que ce procédé est industriel et économique. L'installation coûte de 22 à 27 *f* par mètre cube d'eau traité par jour.

La Compagnie Générale des Eaux, appréciant les avantages de la filtration, tend à en étendre les applications ; les installations en service, en dehors de celles de la Ville de Paris, sont 1° l'usine de Choisy-le-Roy, qui pourra cette année traiter de 50 à 60 000 m^3 par jour ; 2° celle de Neuilly-sur-Marne, même capacité ; 3° l'usine de Nogent-sur-Marne, de 12 000 m^3 ; 4° celle de Boulogne-sur-Seine, 5 000 m^3 : 5° celle du Col-de-Villefranche, près Nice, 10 à 12 000 m^3, et 6° celle de la Société lyonnaise des Eaux, à Valence (Espagne) dont la capacité, assez minime actuellement, sera bientôt portée à 20 000 m^3.

Rapports au Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer sur le **frein à air comprimé système Lipkowski**.

Ces rapports sont au nombre de deux. Le premier, daté du 12 juillet 1898, à la suite d'expériences faites par les chemins de fer de l'État sur

des trains d'essai munis du frein Lipkowski, constatait que ce frein était un appareil ingénieux, dont la construction est très rationnelle en ce qui concerne le serrage, moins parfaite en théorie, mais peut-être suffisante en pratique, en ce qui concerne le desserrage et exprimait le vœu que des expériences dans lesquelles les différentes phases du serrage et du desserrage sur un appareil donné seraient observées, ainsi que la transmission sur une conduite plus longue, fussent exécutées pour permettre d'apprécier jusqu'à quel point les phénomènes répondent aux prévisions théoriques.

Ce rapport indiquait également quelques conditions à remplir par ces nouvelles expériences.

Le second rapport, daté du 28 mars 1900, donne les détails des nouvelles expériences, également effectuées sur le réseau de l'État avec des trains de 25 véhicules, et conclut que, autant que ces expériences permettent d'en juger, le frein Lipkowski est un appareil digne d'être pris en très sérieuse considération par les chemins de fer. S'il n'a pas définitivement résolu le problème du freinage des trains longs, il en approche certainement et, en tout cas, il semble de nature à rendre de très bons services dans les conditions ordinaires des trains de voyageurs.

Nous rappellerons brièvement le principe du frein Lipkowski qui est d'opérer le serrage des sabots en deux étapes, la première qui amène les sabots au contact des roues et la seconde qui opère le serrage proprement dit. A cet effet, le piston est composé de deux parties, une centrale dont la section est le cinquième du total et qui sert à la mise en contact, sa partie annulaire achevant le serrage. On peut ainsi réduire considérablement la quantité d'air comprimé nécessaire.

Note sur la **représentation de l'effet des freins** à l'aide d'un frein fictif à serrage instantané et force retardatrice constante, par M. E. Vicaire, Inspecteur général des Mines.

Le plus énergique des freins serait celui qui produirait, instantanément, sur toutes les voitures, une force retardatrice égale à l'adhérence et, par conséquent, constante. Un frein réel s'en écarte de deux manières : 1° en ce que l'application des freins n'est pas instantanée d'un bout à l'autre du train ; 2° en ce que la force retardatrice n'est pas égale à ce maximum.

Pour mettre en évidence l'écart, à ce double point de vue, on peut imaginer un frein fictif qui, au bout d'un certain retard à partir de la manœuvre, produirait une force retardatrice constante et qui d'ailleurs déterminerait l'arrêt dans le même temps et le même parcours que le frein réel.

Le frein fictif est équivalent, comme effet, au frein réel et les deux quantités qui le caractérisent, savoir le retard au serrage et la force retardatrice, peuvent être considérées comme mesurant l'efficacité du frein réel au double point de vue de la promptitude et de l'énergie de son action, en service, dans chaque arrêt en particulier.

Note sur l'**aménagement de l'entretien des routes nationales par rechargements cylindrés** et sur les résultats

obtenus dans l'arrondissement du sud du département des Ardennes, par M. PERRIN, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le laboratoire du matériel du génie à Madrid, par M. MESNAGER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce laboratoire, inauguré il y a quelques mois, a pour but :

1° L'essai chimique et mécanique des matériaux employés par le Génie militaire, soit dans les constructions, soit pour le matériel de guerre ;

2° L'essai, sur la demande des particuliers, des matériaux de construction et des matières diverses employées pour l'industrie ;

3° Les recherches scientifiques relatives aux matériaux de construction.

La note décrit l'installation générale et indique les divers appareils et machines qui y sont employés.

Note sur un **moyen d'obtenir l'étanchéité des poteaux-tourillons des portes d'écluses**, par M. P. MONNIER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les portes des écluses du bassin à flot de Bordeaux manquaient d'étanchéité et il fallait le débit de trois puits artésiens jaillissant et celui d'une pompe donnant 2 300 *l* à la seconde pour maintenir le niveau dans le bassin. On améliora le contact des poteaux busqués entre eux et celui des heurtoirs avec les bases ; restait à procéder sur les poteaux-tourillons. On y arriva en boulonnant sur le bordé de chaque vantail, suivant une verticale, une gaine en fonte contenant un boudin de caoutchouc s'appliquant, lors de la fermeture, normalement sur le chardonnet. Ce procédé a parfaitement réussi. La dépense s'est élevée à 1 100 *f* par vantail.

Note sur l'**emploi d'injections de ciment à l'air comprimé** dans les maçonneries, terrains de fondation, etc., par M. CAMERÉ, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

La note décrit quelques applications d'injection de ciment par l'effet de l'air comprimé dans des fissures de maçonnerie et des expériences effectuées pour se rendre compte du champ d'action de ce genre d'injections, expériences consistant à injecter du ciment en coulis dans un cylindre renfermant divers matériaux et à observer le remplissage obtenu. L'auteur pense que ce mode d'opérer pourrait être utilisé pour la consolidation de terrains de fondation rocheuse et non homogènes et de massifs de maçonnerie en mauvais état.

ANNALES DES MINES

5me livraison de 1900.

Études sur les bassins houillers. — Bassin houiller du Gard, par M. M. BERTRAND, Ingénieur en chef des Mines.

Gisements aurifères du Cap Nome (Alaska). (Extrait d'une note adressée à M. le Ministre des Affaires étrangères par M. le Consul de France à Dawson City).

6me livraison de 1900.

Commission du grisou. — Note sur les travaux de la Commission du grisou de 1887 à 1900, par M. G. Chesneau, Ingénieur en chef des Mines, secrétaire de la Commission.

Le gisement de Cerro de Pasco (Pérou), par M. L. Gascuel, Ingénieur civil des Mines.

Statistique de **l'industrie minérale de l'Allemagne et du Luxembourg** en 1899. (Extrait de la Statistik der Deutschen Reichs, 1900.)

7me livraison de 1900.

Note sur **les richesses minérales de la Sibérie** et sur l'état actuel de leur exploitation, par M. G. Glasser, Ingénieur des Mines.

Rapports au Comité de l'exploitation technique des chemins de fer sur **le frein à air comprimé système Lipkowski.** (Voir plus haut, page 491, aux *Annales des Ponts et Chaussées*.)

Statistique de l'industrie minérale des États-Unis en 1898 et en 1899. (Extrait de *The Mineral Industry*, vol. VIII.)

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juillet 1900.

District du Nord.

Réunion du 17 décembre 1899.

Communication de M. Laffitte, sur **les caractères géologiques présentés par le terrain houiller** au voisinage du calcaire carbonifère à la fosse n° 10 des mines de Lens.

Communication de M. Guillemin sur **l'étude d'un mur de retour en maçonnerie.**

Communication de M. Havard-Duclos sur **la fermeture des descenderies et plans inclinés.**

Communication de M. Bresson sur **les installations électriques de la Compagnie des Mines de Vicoigne** et de Noeux, à Noeux.

Cette installation, qui n'est encore qu'à sa période première, comporte actuellement une station génératrice de 200 kilowatts, un développement de conducteurs qui atteint 7 873 *m* et atteindra dans quelques

mois 16638 *m*, l'éclairage du siège central, des ateliers, des fosses n° 1 et n° 6, du Rivage ; la force motrice distribuée à 5 moteurs de 20 chevaux, 2 de 5 chevaux, 1 de 10 et 1 de 25. On monte en ce moment une dynamo-volant de 450 chevaux et on attend 5 locomotives électriques à accumulateurs pour la fosse n° 3.

Communication de M. Portier sur un **Procédé pour rendre étanches et consolider les cuvetages**, par injection de ciment.

Le cuvetage du puits n° 3 des mines de Courrières se trouvant dans des conditions très mauvaises d'étanchéité, on a eu l'idée de faire des injections de ciment en délayant celui-ci dans l'eau d'une bâche de 150 litres dont le débit était continu et qui était raccordée avec des tuyaux de fer de 30 *mm* de diamètre intérieur terminés par des tuyaux en caoutchouc raccordés à des robinets fixés au cuvelage à l'endroit où on voulait opérer l'injection.

On a employé au total 1 010 sacs de ciment de 50 *kg*. Avec un courant assez rapide on a pu introduire 40 sacs à l'heure. L'opération a duré 10 jours, montage et démontage compris, à raison de 10 heures par jour.

La dépense a été de 2500 *f*. Les résultats ont été excellents ; la venue d'eau qui atteignait en moyenne 3800 hectolitres par 24 heures a été complètement supprimée.

Communication de M. Malissard-Taza sur **les ascenseurs des canaux allemands.**

Il s'agit des ascenseurs de Heinrichenburg ; nous avons traité cette question dans la Chronique d'août 1897, page 327.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 9 juin 1900.

Communication de M. Chanial sur **les installations électriques en Allemagne.**

L'auteur décrit succinctement les stations centrales d'électricité de Francfort, de Berlin et de Münich et donne ensuite quelques renseignements sur les ateliers de construction de la maison Schuckert et de la Société Générale d'électricité.

Communication de M. Loutouquine sur **le Bassin houiller du Donetz** comme source de combustible minéral.

Note de M. L. Journolleau sur de **Nouveaux chemins de fer au Caucase.** Cette note a paru dans la Chronique de septembre 1900, page 365.

Note de M. Verney sur **l'Utilisation actuelle des gaz de hauts fourneaux.**

La question de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux est très étudiée en ce moment surtout en Allemagne ; il y a déjà dans ce pays

55 machines marchant au gaz de haut fourneau, tandis qu'il n'y en a que 10 en France.

Néanmoins, quelques Ingénieurs pensent qu'à condition d'apporter quelques perfectionnements, parmi lesquels la surchauffe de la vapeur, les chaudières sont capables de faire encore longtemps concurrence aux moteurs à gaz. D'après M. Lürmann, un moteur à gaz de 900 chevaux donnerait le cheval-heure à 0,87 *f*, tout compris, et le moteur à vapeur à 0,90 *f*. La différence, si peu considérable, peut être regagnée par quelques économies possibles à réaliser.

La note étudie spécialement la question de l'emploi de la force motrice du gaz de hauts fourneaux, appliquée aux industries électrolytiques, question qui présente un très grand intérêt pour les pays qui ont peu ou point de chutes d'eau.

Pour la fabrication du carbure de calcium on pourrait obtenir, par ce moyen, un prix de revient maximum de 200 *f* la tonne, ce qui représente un peu plus de la moitié du prix de vente actuel. On pourrait aussi utiliser la puissance motrice du gaz de hauts fourneaux à la fabrication de l'aluminium et à celle de divers autres produits.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 30. — *28 juillet 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Les machines de l'industrie textile, par G. Rohn.

Épuration des eaux par le fer, par G. Oesten.

La construction des ponts en Allemagne au XIXe siècle, par G. Mehrtens *(suite)*.

Progrès dans le domaine de la brasserie, par H. Hempel *(fin)*.

Étude de la machine à vapeur au point de vue de sa consommation, par E. Meyer (note supplémentaire).

Revue. — Collation du titre de Docteur-Ingénieur à Otto Mohr. — Promenades-visites à l'Exposition de Paris.

N° 31. — *4 août 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Électrochimie, par Chr. Heinzerling.

Moteurs à combustible liquide pour automobiles, par H. Guldner *(suite)*.

Exposition Universelle de 1900. — Machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

La pression du vent, par R. Kohfahl,

Groupe de la Prusse Occidentale. — Travail dans les ailes des fers à double T.

Bibliographie. — La construction du canal de l'Empereur-Guillaume,

par Fülscher et H. W. Schulz. — Surveillance pratique des chaudières et machines à vapeur, par L. W. Mayer et E. Czass.

Revue. — Ascension du ballon Zeppelin. — 29 [e]réunion générale des délégués et Ingénieurs des Associations internationales de surveillance des appareils à vapeur. — La vie au Japon.

N° 32. — *11 août 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Les ponts et les constructions métalliques, par C. Bernhard.

Moteurs à combustible liquide pour automobiles, par H. Güldner *(fin).*

Exposition Universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Expériences sur le moteur Banki, par E. Meyer.

Groupe de Francfort. — Calcul des vis.

Bibliographie. — La statistique graphique par W. Ritter.

Revue. — Transport électrique de force par courants continus à haute tension. — Visite de l'Exposition Universelle de Paris par les étudiants des écoles techniques supérieures allemandes et des Académies des mines.

N° 33. — *18 août 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Moteurs à explosion, par Fr. Freytag.

Causeries sur la mécanique appliquée, par Holzmüller.

Exposition Universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Appareils mécaniques pour la manutention et le magasinage des charbons et minerais de fer, par M. Bühle *(fin).*

Groupe de la Haute-Silésie. — École de chauffeurs.

Bibliographie. — Aide-mémoire d'Electrotechnique, par C. Grawinkel et K. Strecker. — Construction et calcul de vingt types différents de dynamos à courant continu, par J. Kramer.

Revue. — Les chemins de fer allemands dans l'année 1898. — Dock flottant de 15 000 *t* de port pour la marine américaine. — 14[e] réunion générale de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche.

N° 34. — *25 août 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Les industries métallurgiques, par F. Liebetang.

Exposition Universelle de 1900. — La construction des turbines, par E. Reichel *(suite).*

La construction des ponts en Allemagne au XIX[e] siècle, par E. Mehrtens *(suite).*

Exposition Universelle de 1900. — La navigation et l'éclairage des côtes, par A. Rudolph *(suite).*

La véritable formule du choc, par Prandtl, Kriemler et Kübler.

Groupe de Wurtemberg. — Table hydraulique pour opérations de l'École vétérinaire supérieure de Stuttgart. — Installations mécaniques d'une fabrique de ciment de Portland. — Tableau à dessiner de A. Wagenmann.

Bibliographie. — Transformateurs pour courants continus et courants alternatifs, par G. Kapp.

Revue. — Le Génie civil allemand à l'Exposition de 1900.

N° 35. — *1er septembre 1900.*

Exposition Universelle de 1900. — Les machines à vapeur, par M. F. Gutermuth.

Résistance à la traction des pièces à section circulaire, par M. Grübler.

Exposition Universelle de 1900. — Machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Question de la proportionnalité entre les allongements et les efforts dans les grès, par C. Bach.

Le chemin de fer électrique de Pékin à Ma-chia-pu et les installations d'éclairage et de force de Pékin, par A. Fischer.

Groupe de Cologne. — Fondations sans murs de séparation pour magasins et entrepôts.

Groupe de Westphalie. — Traction électrique pour chemins de fer principaux.

Revue. — Manutention électrique des wagons de chemins de fer.

N° 36. — *8 septembre 1900.*

Commande des machines-outils par moteurs électriques indépendants, par O. Lasche.

Traction électrique sur la ligne du Wannsee, près Berlin, par R. Rinkel.

Exposition Universelle de 1900. — Machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Groupe de Berg. — Moteur à gaz de hauts fourneaux.

Groupe de Thuringe. — La couleur au feu de la terre à briques et son influence sur le choix d'un four.

Revue. — Observations sur les titres de Docteur-Ingénieur et d'Ingénieur diplômé. — Viaduc du chemin de fer suspendu d'Elberfeld. — La VIIIe session du Congrès international de Navigation.

N° 37. — *15 septembre 1900.*

Emploi de dentures à développante ou à cycloïde pour engrenages à vis sans fin et leur influence sur la durée des appareils, par Ad. Ernst.

Exposition Universelle de 1900. — Les moyens de transport, par J. Kollmann *(suite)*.

Transmission électrique d'ateliers, par O. Lasche *(suite)*.

Exposition Universelle de 1900. — Les ponts et les constructions métalliques, par C. Bernhard *(suite)*.

Groupe de Siegen. — Emploi de l'air comprimé dans l'industrie du fer.

Bibliographie. — Bases de la théorie des turbines, par E. A. Brauer.

Revue. — Navire pour l'expédition allemande au pôle sud. — Le port de Emden. — Dock flottant pour Dar es Salaam. — Prix de la Société industrielle do Mulhouse.

N° 38. — *22 septembre 1900.*

Les installations électriques de la viile de Prague.

Exposition Universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Commande des machines-outils par moteurs électriques indépendants, par O. Lasche *(fin)*.

Règlements de police sur l'installation et le service des ascenseurs, par Ad. Ernst.

Groupe de la Rühr. — Procédés de coulage avec intervention de la force centrifuge.

Revue. — Variation de la solubilité de la magnésie suivant la température et la pression dans les chaudières.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

La navigation intérieure en Hongrie, par M. Bela de Gonda (1).

La grande compétence de l'auteur est, à elle seule, un sûr garant de l'intérêt de ce volume de 200 pages, illustré de 98 photogravures.

Le chapitre I, traitant de l'histoire du développement de la navigation hongroise, conduit le lecteur jusqu'à la constitution, en 1894, de la Compagnie Hongroise de Navigation fluviale et maritime à laquelle l'État accorde une subvention considérable, non seulement pour lui permettre de créer un outillage qui la « mette à même de faire face à tout ce que l'intérêt économique du pays peut demander à la navigation », mais surtout afin de pouvoir veiller à ce « qu'elle se mette en commun accord avec la direction des chemins de fer de l'État, en sorte que la navigation fluviale et le réseau des voies ferrées unissent leurs efforts au profit de la mise en valeur des ressources du pays ».

Les chapitres II et III sont consacrés à la description des voies navigables du pays, d'une longueur totale de 3 072 *km*, auxquels il faut ajouter 1 900 *km* de cours d'eau, actuellement flottables, mais susceptibles d'être ouverts à la navigation. Ces voies comprennent le Danube sur toute sa longueur en Hongrie, partie de la Drave, de la Save, de la Tisza, du Körös, du Marös, l'embouchure de la Temes, le lac Batalon, les canaux Bega, François, François-Joseph, et de Baja à Bezdan. Pour leur mise en état, l'État hongrois a dépensé ou dépensera dans un avenir prochain, sur le Danube, y compris les portes de fer, plus de 160 millions de francs, et sur ses affluents près de 180 millions.

Il est, en outre, prévu que la nécessité de « dégager les voies ferrées trop encombrées à de certains moments » et d'assurer aux produits agricoles une réduction de frais de transports, amènera à exécuter les projets actuellement à l'étude :

1° D'un canal qui, partant des environs de Buda-Pest aboutira à la Tisza, d'une part à Csongräd, d'autre part à Szeged et diminuera des deux tiers ou des trois quarts la distance que doivent actuellement parcourir beaucoup de marchandises pour aller de la plaine de la Tisza à la capitale, en descendant cette rivière et en remontant le Danube;

2° D'un canal de Vukovár (Danube) à Samac (sur la Save) qui, complété par la correction de la Save et de la Kulpa, permettra aux marchandises d'arriver à l'Adriatique en n'ayant à franchir par fer que la faible distance de Károlyváros à Fiume.

Le long des voies actuellement exploitées, de nombreux ports de refuge peuvent, durant les arrêts d'hiver, donner abri au matériel de navigation : sur le Danube seul 16 refuges peuvent recevoir 1 200 bateaux,

(1) Un vol. in-8° (245 × 175) de 206 pages avec 98 illustrations, Budapest, 1900.

indépendamment du port de Poszony et des trois ports d'hiver de Buda-Pest qui peuvent ensemble en contenir plus de 1 500.]

A Buda-Pest même, indépendamment de ces ports de refuge, il existe 9 145 *m* de quais construits (1 500 *m* sont en outre en construction), et des entrepôts et un élévateur d'une contenance totale de un million de quintaux métriques : cependant le trafic de la capitale étant passé de 23 millions de quintaux métriques, en 1876, à 60 millions en 1896, dont 14 transportés par eau et 47 par fer (dans ces chiffres les céréales figurent en 1896 pour 8 millions et demi amenés par eau et 7 et demi par fer), ces installations sont devenues absolument insuffisantes et les études s'achèvent d'un port commercial et industriel étroitement relié aux voies ferrées et prévu pour un mouvement annuel de 35 millions de quintaux métriques et la mise en stock de 5 millions de quintaux de céréales et 3 millions et demi de quintaux de marchandises diverses.

Les chapitres IV et V fournissent de nombreux renseignements sur le matériel flottant et le mouvement de la navigation.

Le matériel appartient, pour la plus grande partie, d'une part à la Compagnie de Navigation danubienne, Société Autrichienne dont le siège est à Vienne, mais dont la sphère d'action s'étend surtout en Hongrie et, d'autre part, à la Compagnie Hongroise de Navigation mentionnée ci-dessus. Il se répartit ainsi :

	Bateaux à voyageurs		Bateaux porteurs		Remorqueurs		Chalands		Pontons et divers
	Nombre	Puissance en chevaux	Nombre	Puissance en chevaux	Nombre	Puissance en chevaux	Nombre	Tonnage	
1° *Entreprises de transports de marchandises et voyageurs.*									
Compagnie Danubienne .	61	23585	46	16545	79	35611	867	375 183	221
Compagnie Hongroise. .	15	6 212	1	128	27	7 198	262	118 117	82
Dix autres entreprises hongroises	4	485	4	750	27	9 112	224	93 810	»
2° *Entreprises de bacs et transports locaux.*									
11 entreprises diverses .	24	1 072	»	»	4	214	»	»	33
3° *Entreprises de travaux.*									
14 entreprises diverses .	1	160	»	»	29	3 864	179	41 540	143

A quoi il faut ajouter un millier de bateaux porteurs appartenant à des particuliers et qui demandent leur traction à l'une des entreprises sus-indiquées.

Les grands bateaux à voyageurs, presque tous à roues, sont aménagés pour recevoir de 800 à 1 000 passagers; ils ont un tirant d'eau oscillant autour de 1,30 *m* et des machines de 500 à 700 *ch*,

Les remorqueurs également à roues ont un tirant d'eau encore



plus faible, de 1 *m* à 1,20 *m* et des puissances de machines variant de 500 à 1 300 *ch.*

Les plus forts peuvent remonter contre des eaux moyennes onze chalands de 600 *t*; même dans les portes de fer ils remorquent un chaland chargé contre un courant de 4 á 5 *m.* Là cependant, pour assurer en tous cas le remorquage, le ministère du Commerce a fait installer un toueur à câble du système de notre compatriote, M. Lombard-Gerin.

Les chalands, tous de formes assez affinées, comme il est nécessaire pour que la traction n'en soit pas trop dure contre des courants toujours assez rapides, sont établis pour 320, 450, 650 et 800 *t*. Le type le plus ordinaire est celui de 650 *t* (58,10 *m* de long sur 8,10 *m* de large), mais il ne peut prendre son plein chargement, avec tirant d'eau de 2,10 *m* que pendant les périodes des hautes eaux.

Avec les moyens que nous venons d'indiquer il a été transporté, en 1897 :

	Tonnes kilom.	corresp. à tonnes	et voyageurs.
Par la Compagnie Danubienne. .	691 400 000	1 761 197	2 063 801
Par la Compagnie Hongroise . .	232 570 075	627 367	359 865
Par les diverses autres entreprises.	261 069 489	1 062 273	37 336

Ce sont, dans ces transports, les céréales qui sont la marchandise importante; le mieux est donc de prendre comme caractéristique des tarifs ceux qui leur sont appliqués par chargement complet. L'auteur donne des prix de port à port; avec les quelques indications de distance fournies d'autre part, on en peut conclure, à titre d'exemple, que de Buda-Pest à Mohacs (211 *km*) la tonne kilométrique se paie 0,320 *f* et de Buda-Pest à Szeged (637 *km*) 1,68 *f*.

Les deux derniers chapitres de l'ouvrage sont consacrés : 1° à la description des importants chantiers où se font la construction et l'entretien de la flotte dénombrée ci-dessus, notamment ceux qui, à Buda-Pest, appartiennent à la Compagnie de Navigation Danubienne, couvrent 16 *ha* et occupent 1 700 ouvriers;

2° Aux lois et règlements sur la navigation danubienne, navigation régie par des traités internationaux qui en assurent le libre exercice aux bâtiments de tous les pays riverains du fleuve, tous péages autres que les droits de douane et de transit, et les droits destinés à couvrir les frais des travaux exécutés en vue d'assurer la navigation aux bouches du Danube étant abolis.

Une flotte de quatre monitors, un navire de garde et un torpilleur assure la police du fleuve.

Ajoutons que, à l'instigation du ministère du Commerce les diverses entreprises intéressées ont créé un cours de batellerie qui fonctionne chaque année pendant les trois mois de chômage d'hiver et où sont admis les jeunes gens qui ont fréquenté l'école secondaire et pratiqué la batellerie pendant trois mois.

Il y a là, on le voit, une organisation considérable, en pleine période d'un développement dont l'avenir est assuré par une conception très saine du concours que les voies navigables doivent apporter aux chemins de fer pour l'exploitation des richesses du pays, — organisation, du reste, très différente de ce que nous voyons chez nous.

Tandis qu'ici les opérations de transport et de traction sont le plus fréquemment distinctes elles sont, en Hongrie, le plus souvent réunies dans les mêmes mains. De grands fleuves, simplement régularisés, y permettent l'emploi d'embarcations d'un gros tonnage, qui ont à faire des parcours, en général, très longs, toutes conditions dont l'effet, qui devait être d'abaisser à des chiffres très faibles le prix de la tonne kilométrique, est plus que compensé par les chômages d'hiver, la variabilité des tirants d'eau, et l'emploi, pour lutter contre des courants en général rapides, des remorqueur de très grande puissance.

A. de Bovet.

Bateaux sous-marins. — Historique et technologie, par MM. Forest et H. Noalhat (1).

La question des sous-marins est à l'ordre du jour, non seulement en France, mais encore dans presque toutes les marines étrangères. Aussi un ouvrage aussi complet et aussi précis que celui de MM. Forest et Noalhat est-il sûr d'être bien accueilli du public; il comble une lacune existante, car si nombre d'auteurs ont parlé des sous-marins, ou plutôt de quelques types de l'espèce, personne jusqu'ici n'avait traité la question avec tant d'ampleur et à un point de vue aussi général.

Dans le premier volume — *Historique* — les auteurs nous font assister aux efforts des divers inventeurs qui apportèrent successivement un élément de progrès à l'œuvre aujourd'hui presque achevée. Que de chemin parcouru depuis le sous-marin rudimentaire de van Drebbel, en 1620, jusqu'au *Narval*, qui vient de faire à Cherbourg de si remarquables essais!

A l'heure actuelle, la France possède un instrument redoutable qui lui permet d'assurer, en toute sécurité, la défense de ses côtes; elle doit la grande avance qu'elle a prise sur les marines rivales, au génie et à la ténacité de ses Ingénieurs, mais aussi, comme le reconnait M. Saissy, dans la préface qu'il a écrite pour les *Bateaux sous-marins*, à l'énergie d'un ministre de la Marine, l'amiral Aube, qui, en 1886, n'hésita pas à faire construire un de ces petits navires, malgré l'avis contraire de ses conseils techniques.

C'est un autre ministre, M. Lockroy, qui, dix ans plus tard, fit établir un concours de sous-marins d'où devait sortir le *Narval* et à la suite duquel M. Forest, l'un des auteurs de l'ouvrage que nous présentons au public, reçut une très haute récompense; non seulement son projet fut primé, mais le ministre, sur la proposition du Conseil des travaux, décida d'expérimenter sur un torpilleur son moteur à pétrole lourd.

Dans le second volume — *Technicologie* — MM. Forest et Noalhat ont posé et défini clairement les grands problèmes qui constituent toute la navigation sous-marine : immersion et stabilité au repos et en marche; différents mode d'immersion par introduction d'eau, changements de volume et emploi d'hélices à axes verticaux et de gouvernails horizontaux. Les questions d'orientation, de direction, de sécurité, d'ha-

(1) Librairie Dunod, quai des Grands-Augustins, in-8° de 400 p. avec 311 fig. (broché 15 *f*).

bitabilité sont également traitées avec beaucoup de soin; les auteurs passent ensuite à l'examen des différents moteurs et terminent par l'étude des accessoires et de l'armement. Ce dernier chapitre est d'une importance militaire considérable puisqu'il traite des engins que peut lancer le sous-marin.

En résumé, tous ceux que la question des sous-marins intéresse, trouveront dans les deux volumes de MM. Forest et Noalhat les indications les plus complètes; de nombreuses figures, intercalées dans le texte, permettent de suivre avec fruit les descriptions toujours nettes et précises.

C[t] G. Savin.

II[e] SECTION

Die Berechnung der Zentrifugal-Regulatoren, par J. Bartl (1).

L'auteur de cette monographie des régulateurs de vitesse s'est placé au point de vue de la pratique, voulant mettre à la disposition des constructeurs des procédés simples et des tracés faciles.

Dans l'étude d'un régulateur, trois sortes de questions se posent :

1° Quelle est la résistance que doit vaincre l'appareil pour agir sur les organes principaux du moteur?

2° Quels sont les dimensions, longueurs et poids des éléments du régulateur lui-même, nécessaires pour assurer le degré voulu de sensibilité et de bonne marche?

3° Quelles sont les formes à donner à ces éléments?

C'est le second de ces points qu'examine en détail l'auteur, en faisant une étude approfondie du mode de fonctionnement de ces appareils. L'examen de tous les systèmes employés conduirait nécessairement à faire un ouvrage considérable; aussi a-t-il fallu se limiter. Les régulateurs plans (ou à volant) ne sont pas compris parmi ceux que détaille le volume qui est sous nos yeux. Les pendules coniques (à poids unique) sont également écartés, une mention, très restreinte seulement, en étant faite. Mais les deux types principaux des régulateurs à deux boules, avec poids d'une part, avec ressorts d'autre part, sont étudiés en grand détail.

Un certain nombre d'exemples d'application servent à éclaircir les résultats généraux obtenus par un exposé clair et méthodique. L'ouvrage est ainsi un manuel pratique d'un usage commode et agréable.

T. Seyrig.

(1) Arthur Félix, Leipzig, 1900. In-8°, 240 × 155 de 88 p. avec 27 fig.

Ve SECTION

Téléphonie pratique, par M. Montillot, Inspecteur des Postes et des Télégraphes (1).

L'ouvrage de M. Montillot, bien qu'édité en 1895, mérite encore aujourd'hui d'appeler l'attention parce qu'il est conçu dans un ordre d'idées pratiques qui en font un précieux document. On y trouvera, tout d'abord, quelques données succinctes sur la voix humaine et sur l'audition ainsi que l'historique rapide du téléphone et du microphone. L'auteur aborde ensuite l'examen des récepteurs, des piles microphoniques et des transmetteurs. Un chapitre spécial a été consacré aux lignes téléphoniques. Les appareils accessoires ont été groupés d'après les fonctions qu'ils sont appelés à remplir : organes d'appel, de substitution, de préservation, de permutation, de liaison.

L'installation des postes simples et des postes centraux d'abonnés, avec les arrangements spéciaux qu'ils présentent parfois, font l'objet de deux chapitres. De nombreux plans de pose sont intercalés dans le texte.

Les trois chapitres suivants sont consacrés aux bureaux centraux de l'Etat; plusieurs planches représentent les diagrammes des communications.

Au sujet des relations interurbaines sur les lignes affectées simultanément aux correspondances téléphoniques et télégraphiques, M. Montillot a étudié le système Van Rysselberghe et le dispositif de M. P. Picard.

Viennent ensuite les dérangements, les documents administratifs et enfin les principales applications du téléphone : avertisseurs d'incendie de M. Digeon, théâtrophone, etc.

Dans un premier supplément, M. Montillot a décrit tous les récepteurs et transmetteurs qui ont été admis à l'époque sur les réseaux de l'État. Il importait en effet, dans l'exploitation d'un réseau qui s'étendait avec une rapidité surprenante, d'écarter tous les appareils qui ne présentaient pas toutes les qualités requises pour assurer des communications téléphoniques irréprochables.

Après la description d'appareils accessoires nouveaux, M. Montillot donne quelques dispositions particulières relatives aux lignes, et décrit complètement les tables de coupure et de jonction de M. Maudroux qui permettent d'affecter une ligne interurbaine unique au service de plusieurs stations échelonnées sur cette ligne, les réseaux urbains extrêmes et intermédiaires pouvant être indifféremment à simple ou à double fil.

Ce premier supplément se termine par la description du système de M. Cailho et des dispositifs de M. Pierre Picard relatifs aux communications simultanées téléphoniques et télégraphiques.

Le deuxième supplément concerne uniquement le tableau téléphonique multiple pour 6.000 abonnés installé à Paris, à l'hôtel des Téléphones, rue Gutenberg. L'auteur examine en détail les divers organes

(1) Grelot, éditeur, 18, rue des Fossés-Saint-Jacques, 1 vol. broché 20 *f* et 2 suppléments de 5 *f* chaque.

de cet appareil, donne des renseignements très précis sur son installation générale, étudie tous les circuits qui y aboutissent et indique les modifications apportées au service des lignes interurbaines, des lignes suburbaines et des lignes de cabines, depuis leur origine.

L'ouvrage de M. Montillot, avec ses suppléments, bien qu'ayant paru depuis plusieurs années déjà, a le grand mérite d'être très clair. Les descriptions sont particulièrement soignées. Cet important ouvrage sera mis à jour prochainement par M. Montillot qui, comme collaborateur à la *Revue de l'Électricité à l'Exposition*, que publie la maison veuve Dunod, a bien voulu se charger de traiter, avec sa grande compétence, toutes les questions relatives à la télégraphie et à la téléphonie.

G. Baignères.

Le Gerant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS.— 21402-10-00. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1900

N° 11

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'octobre 1900, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Arts militaires.

Société anonyme des Anciens Établissements Hotchkiss et Cie. Paris. Catalogue du matériel de guerre (Exposition universelle de 1900) (in-4°, 315 × 240 de 48 p. avec 35 pl.). Paris, Chaix, 1900 (Don de M. G. Canet, M. de la S.). 40375

Vickers, Sons and Maxim, Limited. Types modernes de cuirassés, croiseurs et canons construits par la Compagnie (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 175 × 270 de 89 p.) (Don de M. G. Canet, M. de la S.). 40373

Chemins de fer et Tramways.

Album de statistique graphique de 1897-1899 (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 340 × 270 de 23 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40385

CORDEIRO (C. X.). — *Compagnie Royale des Chemins de fer Portugais. 1900. Chemins de fer. Voies et travaux. Du surhaussement du rail extérieur des courbes.* Mémoire présenté au Congrès international des Chemins de fer, par C. Xavier Cordeiro (in-4°, 255 × 200 de 8 p.). Lisbonne, 1900 (Don de l'auteur). 40368

CORDEIRO (C. X.). — *Compagnie Royale des Chemins de fer Portugais. 1900. Chemins de fer. Voies et travaux. Étude sur les communications des voies et sur les branchements*, présentée au Congrès international des Chemins de fer, par C. Xavier Cordeiro (in-4°, 225 × 220 de 22 p.). Lisbonne, 1900. (Don de l'auteur.) 40369

CORDEIRO (C. X.). — *Compagnie Royale des Chemins de fer Portugais. 1900. Mécanique appliquée. Poutres droites indépendantes et continues. Études sur les moments d'élasticité et les efforts tranchants maximum et minimum et sur les flèches, avec des tables numériques pour les poutres de deux à cinq travées*, présentée au Congrès international des Chemins de fer, par C. Xavier Cordeiro (in-4°, 225 × 220 de 89 p. avec 35 tables). Lisbonne, 1900. (Don de l'auteur.) 40370

Loi concernant les chemins de fer (République Mexicaine. Ministère des Communications et des Travaux publics) (in-8°, 230 × 155 de 85 p.). Mexico, 1900. (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.) 40357

Construction des machines.

Filtres d'eau d'alimentation système Ranking pour les chaudières marines et de terre (brochure 190 × 220 de 16 p.). Liverpool, The Mersey Stationery C°. (Don de M. Henry Johnsons.) 40335

Éclairage.

ARIZPE (R. R.). — *El Alumbrado publico en la ciudad de México. Estudio historico seguido de alcunos datos tecnicos acerca de las principales instalaciones destinas á ese Servicio municipal*, por Rafael R. Arizpe (in-8°, 245 × 160 de 204 p. avec 36 pl.) México, 1900. (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.) 40363

Guide-Annuaire général des Industries : Gaz, Eaux, Électricité. Édité par le Journal Revue Gaz et Électricité. Directeur, Emile Fleury. 5e année 1899 ; 6e année 1900 (2 vol. in-8°, 220 × 135 de 588 p. et de 578 p.). Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1899, 1900. 40377 et 40378

Éconcmie politique et sociale.

Chambre de Commerce de Paris. Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1899 (in-8°, 220 × 140 de LXXII-812-72-16 p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1900. 40353

Grands Magasins du Louvre, Paris. Institutions patronales, etc. (in-8°, 240 × 155 de 24 p. avec 3 graphiques). Paris, P. Mouillot, 1900. (Don de M. F. Honoré, M. de la S.) 40373

La Chambre de Commerce de Paris à l'Exposition universelle de 1900 (in-8°, 270 × 190 de 99 p.). Paris, Hôtel de la Chambre de Commerce, 1900. (Don de la Chambre de Commerce de Paris.) 40354

Maria Campos (R. de). — *Renseignements commerciaux sur les États-Unis Mexicains*, par Ricardo de Maria Campos (in-8°, 240 × 170 de 409 p.). Mexico, 1900. (Don de M. Ramon Fernandez.) 40362

Zayas Enriquez (R. de). — *Les États-Unis Mexicains. Leurs ressources naturelles, leur progrès, leur situation actuelle*, par R. de Zayas Enriquez (in-8°, 240 × 170 de 238 p.). Mexico, 1900. (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.) 40361

Zayas Enriquez (R. de). — *Les Estados Mexicanos. Sus progresos en veinte años de paz 1877-1897.* Estudio historico y estadistico, fundado en las datos oficiales mas recientes y completos por el Lic. Rafael de Zayas Enriquez (in-4°, 350 × 260 de 253 p.). México, 1900. (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.) 40359

Électricité.

Arizpe (R. R.). — *Estadistica de las aplicaciones de la Electricidad en la República Mexicana*, formado por Rafael R. Arizpe (in-8°, 245 × 160 de 162 p.). México, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40364

Enseignement.

Breve Noticia de los Estableamientes de Instruccion dependientes de la Secretaria de Estado y del Despacho de Justicia é Instruccion pública (in-4°, 320 × 210 de III-47 p. avec 30 phot.). México, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40360

Métallurgie et Mines.

Appareil automatique breveté de C. W. Bildt, pour les générateurs à gaz, peut être employé avec avantage pour les fourneaux Martin-Siemens, les fourneaux de laminoirs, etc. (in-8°, 180 × 125 de 23 p.) Stockholm, 1900. 40356

Navigation aérienne intérieure et maritime.

VIII[e] Congrès international de Navigation. Paris, 1900. Documents relatifs au Congrès (3 brochures in-8°). Paris, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40380 à 40382

Estado de la Iluminacion y avalizamiento en las costas de la República Mexicana (Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Communicaciones y Obras publicas, Seccion primera, Direccion general de faros) (in-8°, 260 × 175 de 15 p. avec 4 pl.). México, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40357

Sciences mathématiques.

Teubner (B. G.). — *Verzeichnis des Verlags von B. G. Teubner in Leipzig auf dem Gebiete der Mathematik, der Technischen und Naturwissenschaften nebst Grenzgebieten. Im Anhange : Fortwissenschaft* (in-8°, 225 × 145 de 140 p.). Leipzig, B.-G. Teubner (Don de l'éditeur). 40372

Technologie générale.

Costkowski (C.). — *Exposition internationale universelle de 1900. Au Mexique. Études, Notes et Renseignements utiles au capitaliste, à l'immigrant et au touriste*, par C. Costkowski (in-16, 155 × 115 de 192 p. avec 3 cartes). Paris, Maurice de Brimoff, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40367

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée sous les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-dix-septième, 1re et 2e parties (Nouvelle série)* (2 vol. in-8°, 245 × 160). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40388 et 40389

Exposition universelle de Paris, 1900. Catalogue officiel spécial du Mexique (in-8°, 190 × 125 de 64-151 p.). Paris, Lemercier, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40366

Primera Reunión del Congreso Cientifico Latino Americano, celebrada en Buenos Aires del 10 al 20 de April de 1898, por inciativa de la Sociedad Cientifica Argentina. III, Trabajos de la 2a sección. (Ciencias fisico-quimicas y naturales) (in-8°, 240 × 165 de 265 p.) Buenos-Aires, 1899) (Don de la Sociedad Cientifica Argentina). 40374

Revue technique de l'Exposition universelle de 1900, par un Comité d'Ingénieurs, d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs. Directeur, Ch. Jacomet. Secrétaire de la Rédaction, Michel Svilokossitch. *Première partie. Architecture et Construction. Tome II, 1er fascicule* (in-8°, 280 × 190 de 128 p. avec *atlas, 1er fascicule, planches 1 à 28*, 400 × 390). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'Éditeur). 40386 et 40387

Travaux publics.

Compagnie des Eaux d'Utrecht et d'Arnhem, fondées par la Compagnie générale des Conduites d'eau à Liège (Exposition universelle en 1900) (Album 240 × 340 de 19 phot.) (Don de M. H. Doat, M. de la S.). 40371

Description abrégée du projet d'assèchement et d'assainissement de la ville de Mexico (in-8°, 210 × 135 de 18 p.). Paris, C. Camproger, 1900 (Don de M. Ramon Fernandez, M. de la S.). 40365

Résal et Alby. — *Notes sur la construction du pont Alexandre III*, par MM. Résal et Alby (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, années 1898-1899-1900) (in-8°, 255 × 165 de 223-136 p. avec atlas 330 × 260 de 21 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'Éditeur). 40390 et 40391

Wouter Cool. — *Gewapend Beton*, door Wouter Cool (Overgedrukt uit de Notulen der vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, van 12 juni 1900, blz. 141-169) (in-4°, 320 × 210 de 19 p. avec 2 pl. et 18 fig.) 's-Gravenhage, J. et H. van Langenhuysen, 1900 (Don de l'auteur). 40379

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres Sociétaires MM.

A. Barberot,	présenté par MM.	Buquet, Hegelbacher, Imber.
G. Celso Escobedo,	—	Barnoya, Mathieu, Rahola.
J. Chimkewitch,	—	de Brochocki, Zbyszewski, de Dax.
A.-M. Dequéker,	—	Buquet, Dollot, Wurgler.
A.-A. Dequéker,	—	Dollot, Michon, Wurgler.
A. Fuller,	—	Canet, Woods, de Dax.
G. Giard,	—	Cazeau, Daydé, Pillé.
M. de Gispert,	—	Calopa, de Madrid Davila, Schierbeck.
F. Hudson,	—	Dumont, Calmette, Lamolle.
Ch. Kretzschmar,	—	Centner, Egrot, Philippon.
H. Lassaux,	—	Canet, Coignet, Couriot.
U. Lasserand,	—	Jannettaz, de Blottefière, Medebielle.
Ch. Le Camus,	—	Canet, Hegelbacher, Imber.
A.-A. Muzet,	—	de Blottefière, Jannettaz, A. Vautier.
J.-D. Nessi,	—	Guéguen, Nessi, Serra.
R.-M. Oates,	—	du Bousquet, Salomon, Jacoupy.
A. de Oliveira Maia,	—	A. Belin, E. Belin, da Costa Couto.
G. Perelli,	—	Compère, Maire, E. Schmidt.
M. de Quevedo,	—	Canet, Salazar, de Dax.
A. Rosenthal,	—	Mesureur, de Larnage, Roustan.
E.-J. Roufflac,	—	Bourgue, Casalonga, Schabaver.
H.-Ch. Sauvinet,	—	Casalonga, Lemoine, Ollivier.
L. Verzieux,	—	Dufour, A. Dumas, Montel.
M.-Ch.-A. Wehrlin,	—	Bonpain, Dehaitre, D. Wehrlin.

Comme Membres Associés MM.

E.-A. Benoit,	présenté par MM.	Canet, Eissen, Piat.
A.-E. Berton,	—	Duchesne, Mardelet, de Tédesco.
J. Breuer,	—	Baudry, Duchesne, Mallet.
L.-F. Corvol,	—	Canet, Mallet, Rancelant.
H.-E. Fondeur,	—	Duval-Pihet, Michaux, A. Neveu.
P. Skousès,	—	Canet, Salomon, Collin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1900

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 NOVEMBRE 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part de la mort de deux de nos Collègues :

M. C.-A. Guyenet, Membre de la Société depuis 1874, Vice-Président de la Chambre Syndicale des Mécaniciens de Paris, Ingénieur principal de la Manutention des appareils de levage à l'Exposition, officier de la Légion d'honneur;

M. A. d'Yochet, Membre de la Société depuis 1881; était depuis 1865 au service de la Société de Grafenstaden, puis de la Société Alsacienne de construction mécanique, qui a succédé à la précédente; il s'était surtout occupé des appareils de levage et de pesage qui sont une des spécialités de ces ateliers, et, en dernier lieu, était fondé de pouvoir de la Société Alsacienne. M. A. Mallet a bien voulu se charger de rédiger une notice nécrologique sur ce regretté Collègue qui était connu et apprécié d'un grand nombre d'entre nous.

M. le Président a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

M. Edmond Halphen a été promu chevalier de la Légion d'honneur;

MM. A. Bajac, A. Lavalard, Ch. Prevet, J. Prevet, J. Rueff, ont été nommés officiers du Mérite agricole, et la décoration de chevalier du Mérite agricole a été accordée à MM. V.-P. Amilhau, J.-B. Aurientis, E. Beaupré, H. Besnard, M. Douane, G. Laussedat, C. Mullet et Picard-Méry.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui sera insérée dans le prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages : M. le Président signale plus spécialement le don qui a été fait par M. de Werkhovsky du « Guide du grand chemin de fer Transsibérien ».

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'à la séance du 22 juin dernier, il avait le plaisir de proclamer les lauréats du Prix Nozo et du Prix Annuel.

Le lauréat de ce dernier prix était notre Collègue M. F. Brard pour son *Étude sur les pertes de l'Avre et de ses affluents*, qui a nécessité de sa part de longues recherches et de patientes études sur place et qui jette un jour nouveau sur la question si importante de l'alimentation des eaux au point de vue de l'hygiène publique.

La médaille d'or du Prix Annuel n'avait pu être remise à M. Brard, ce dernier étant alors en mission à la Guyane.

Notre Collègue étant de retour et présent à la séance, M. le Président le prie de venir recevoir cette médaille et est heureux de pouvoir le féliciter très chaudement. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dit que le Congrès National des Travaux publics vient d'avoir lieu dans l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France qui avait été mis à la disposition du Comité d'organisation dudit Congrès.

Conformément à une décision du Bureau, M. le Président assistait à la séance d'ouverture du 22 octobre, et a souhaité la bienvenue aux congressistes.

Il assistait également à la séance de clôture du 26, qui a été présidée par M. Baudin, Ministre des Travaux publics et à laquelle avaient été invités spécialement les Membres de la Société.

Le Congrès National des Travaux publics a terminé ses travaux en constituant une Commission permanente, siégeant à Paris, dans le but de poursuivre la réalisation des vœux formulés et adoptés par le Congrès.

Parmi les Membres de cette Commission, nous voyons avec plaisir, figurer les noms d'un certain nombre de nos Collègues. Ce sont : MM. H. Hersent, Président; Ed. Badois, J. Mesureur, H. Garnier, Doniol, Couvreur, Prevet, Lesueur, Bochet, Peigné, Gallotti, et le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président ajoute qu'il a été des plus heureux d'assister aux séances et de suivre les travaux du Congrès National des Travaux publics, le nombre et l'importance des sujets traités présentant le plus grand intérêt.

Les mémoires qui y ont été lus, les discussions qui y ont donné lieu et enfin les vœux qui ont été émis et votés en séance de clôture présentent un intérêt considérable pour le pays et il se fait un plaisir de féliciter chaleureusement la Commission d'organisation pour la brillante réussite de son Congrès.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Léon Appert sur *la Verrerie à l'Exposition de 1900.*

M. L. APPERT, après avoir remercié M. le Président de l'invitation

qu'il a bien voulu lui adresser dans le but de faire à la Société une communication sur l'industrie du verre à l'Exposition de 1900, passe en revue les nations qui ont répondu à l'appel de la France, et fait part en même temps des regrets qui ont été généralement manifestés de l'abstention de certaines grandes usines et en particulier d'usines françaises qui y auraient certainement figuré avec honneur.

Il se propose, dans ce rapide exposé, de signaler les progrès accomplis dans cette industrie depuis l'Exposition Universelle de 1889, et, plus particulièrement, ceux susceptibles d'intéresser la Société par leur nature même ; il rappelle à cet effet les opérations par lesquelles se scinde la fabrication du verre, et qui sont : la préparation des mélanges vitrifiables, la fonte de ces matières et enfin les procédés de façonnage et de mise en œuvre du verre fondu.

Au point de vue des compositions des verres, il signale les progrès accomplis par l'emploi de matières plus pures et le profit qu'on a pu en tirer, en dehors des objets d'usage courant, pour les usages de l'optique en général, et plus particulièrement pour la construction des phares et fanaux, pour les appareils de signaux de chemins de fer, ainsi que pour la fabrication des verres devant servir aux études micrographiques, microscopiques et microphoniques ; il rappelle l'intérêt que présente, au point de vue scientifique, en Allemagne, l'exposition de la verrerie d'Iéna, et, en France, celle de la maison Mantois-Parra.

Les progrès réalisés dans les propriétés des matières premières ont permis, aussi bien en France qu'en Allemagne, en Bohême et en Russie, de fabriquer des verres remarquablement résistants aux agents chimiques, et propres, par suite, aux usages des laboratoires ; il signale en même temps les verres nouveaux fabriqués par la verrerie d'Iéna et désignés sous le nom de *verres soudés*, fabriqués sur des principes nouveaux en vue de résister sans se briser aux variations de température, et utilisés avec grand succès pour l'éclairage et les tubes de niveau de chaudière.

En ce qui concerne les procédés de fusion, peu de perfectionnements ont été apportés ; seul, l'emploi des fours à bassin de grande et de petite capacité s'est généralisé ; on a cherché à perfectionner les gazogènes en les rendant d'une conduite plus facile ainsi que les appareils de régénération qui sont devenus plus efficaces et plus simples ; il signale un four de verrerie fonctionnant à l'Exposition, dans lequel la régénération de la chaleur se produisait par reconduction et par contact.

Enfin il note des essais de fusion par l'emploi de l'arc électrique, mais qui, jusqu'ici, à sa connaissance, n'ont pas donné de résultat pratique probant.

Comme procédés de fabrication ou de mise en œuvre nouveaux, il signale, par ordre de date :

D'abord le procédé dit de moulage méthodique que l'auteur a décrit il y a quelques années dans une communication faite à la Société sur les phénomènes de malléabilité du verre, ensuite le procédé de moulage mécanique des bouteilles de M. Claude Boucher, de Cognac, s'appliquant spécialement à la fabrication des bouteilles à vin et à eaux minérales, et enfin le procédé de soufflage mécanique de M. Sievert, de Dresde,

très analogue comme procédé de fabrication à celui pour les bouteilles indiqué ci-dessus, avec cette particularité que l'inventeur l'a appliqué plus spécialement à la production de pièces de grand volume et de grande capacité.

Comme améliorations apportées aux procédés de fabrication déjà existants, M. Léon Appert signale les perfectionnements qu'ont subis les procédés de moulage des objets de gobeletterie aux États-Unis où ces procédés ont pris une très grande extension et acquis une grande perfection, ce qui s'explique par les conditions spéciales de la main-d'œuvre.

Pour le polissage des glaces, des appareils plus puissants et plus parfaits ont permis à la Compagnie de Saint-Gobain de présenter des glaces de très grande surface (plus de 32 m^2), remarquables comme pureté de matière et comme planimétrie de surface.

Les perfectionnements apportés aux procédés de fusion, en mettant à la disposition du verrier des masses de plus en plus considérables de verre fondu, ont permis à la Société des Glaces et Verres spéciaux du Nord, à Jeumont, de couler avec succès des blocs de verre d'un seul morceau, pesant plus de 3 *t* et dont un spécimen a servi pour la confection du miroir du Sidérostat de l'Exposition.

La Compagnie de Saint-Gobain a présenté des moulages très importants et très réussis qui ont servi à édifier le Palais Lumineux.

Tous les produits servant au dallage et au pavage ont pris une importance de plus en plus grande, dont l'Exposition elle-même offre de nombreux exemples.

Le verre tend, de plus en plus, et avec juste raison, à devenir un facteur nouveau indispensable de la construction moderne.

Comme produit tout nouveau, M. Léon Appert signale la *pierre de verre*, fabriquée par la Société des Procédés céramiques Garchey, et qui n'est qu'une utilisation du verre, mais sous une forme nouvelle. Les propriétés remarquables de ce nouveau produit permettent d'en prévoir un emploi considérable, rendant ainsi à la construction, comme pavage et dallage, des services de la plus grande utilité.

Il signale également l'extension des procédés de fabrication qui permettent de procurer au verre certaines des qualités qui lui manquent, telles que la perméabilité à l'air et la cohésion : ces nouveaux verres sont les *verres perforés*, utilisés pour la ventilation des lieux habités, et le *verre armé*, c'est-à-dire un verre dans la masse duquel on a introduit un réseau métallique appelé à en assurer la résistance, tout en lui donnant cette cohésion qui lui manquait; l'emploi de ces produits prend une importance de plus en plus grande.

M. Léon Appert termine en appréciant, au point de vue artistique, le rôle que la France a joué dans ce concours international où elle a gardé une supériorité incontestable dans toutes les branches de la verrerie de décoration, par la perfection de la fabrication, par le choix des formes et le mariage des couleurs.

Il en est de même des décorations par l'application d'émaux et d'or rapportés qui étaient non moins remarquables par leur nouveauté que par leur variété et leur prix relativement peu élevé qui en facilite l'expansion dans le monde entier.

M. Léon Appert appelle l'attention de la Société en faisant remarquer qu'il ressort de cet exposé que l'emploi du verre pour des usages nouveaux tend à prendre une extension de plus en plus grande par suite des besoins de l'hygiène moderne et des conditions exigées pour l'habitation comme confort et comme bien-être. Il signale, dans un autre ordre d'idées, la tendance qui se manifeste dans cette industrie, qui avait jusqu'ici vécu beaucoup de traditions, à introduire le machinisme dans les procédés de façonnage, ce qui s'explique par les conditions généralement pénibles du travail de l'ouvrier verrier, qui en rendent le recrutement de plus en plus difficile. L'élévation du niveau social, en général, ne pourra qu'accentuer et accélérer cette tendance.

M. le Président adresse au nom de la Société tous ses remerciements à notre ancien Président, M. Léon Appert, pour la très intéressante communication que l'on vient d'entendre.

Beaucoup d'entre nous ne connaissent cette industrie si considérable du verre que par les produits que nous en voyons, mais sans se rendre compte des difficultés de sa fabrication et de sa main-d'œuvre. Grâce à M. Léon Appert, nous sommes à même de constater que la France continue à se tenir en bonne place dans ce domaine et que nos concurrents étrangers ont eux-mêmes reconnu de bonne grâce sa supériorité dans certaines de ses branches.

La parole est à M. P. Jannettaz pour sa communication sur *la Métallurgie des métaux autres que le fer à l'Exposition de 1900.*

M. P. Jannettaz commence par limiter son sujet, qui reste encore bien vaste ; il ne s'occupera que des *Procédés d'extraction des métaux*, et laissera de côté le travail des métaux et les alliages. Il espère que ces questions, de la plus grande importance pour l'industrie française, donneront lieu à des communications de la part de quelques-uns de nos nombreux Collègues qui avaient réuni à l'Exposition des produits si remarquables.

Il passe successivement en revue chacun des métaux, en s'occupant notamment des points suivants :

Cuivre : Fours Waterjackets ; sélecteur Paul David ; affinage électrolytique ; procédé Elmore, son emploi à l'usine de Dives ;

Plomb et *Argent :* Four Pilz, four de Przibram, four Ferraris ; désargentation ; usines du Mexique, traitant des minerais et d'anciens résidus, et atteignant une production considérable d'argent ;

Zinc : Fours de la Vieille-Montagne, zinc chimiquement pur ;

Minerais complexes de plomb et de zinc : Triage magnétique ; procédé Wetherill décrit au Congrès des Mines et de la Métallurgie par notre Collègue, M. Smits, et par M. le Professeur Wedding ; trieur Ferraris ;

Antimoine : Procédé de grillage volatilisant de M. Chatillon ;

Mercure : Fours d'Idria, de Nikitovka, des Asturies ;

Nickel : Alliages de nickel présentant le plus grand intérêt ;

Or : Cyanuration ; installation organisée d'une façon si remarquable dans le Pavillon de la République Sud-Africaine, par notre Collègue, M. Bousquet ;

Aluminium : Fabrication électrolytique : pureté sans cesse croissante, obtention d'un métal titrant 99,5 0/0, tel que celui que nous a montré, lors de notre conférence-visite, notre Collègue M. Emile Collin ; emplois multiples du métal pur et sous forme d'alliages ; sa concurrence au cuivre pour les câbles électriques ; son emploi comme combustible. Cette dernière application, rendue industrielle par le Dr Goldschmidt et dénommé *Aluminothermie* présente un multiple intérêt ; au point de vue métallurgique elle permet d'obtenir, par réduction de leurs oxydes, tous les métaux à l'état de pureté : tels le manganèse et le chrome ;

Métaux réfractaires : Four Moissan, fours à arc et fours à résistance ; fabrication industrielle des métaux réfractaires et de leurs alliages ; applications du carbure de calcium à la métallurgie.

A propos de chacun des métaux M. Jannettaz a indiqué également d'une façon rapide les points nouveaux sur lesquels l'Exposition n'a pas fourni de renseignements, de sorte qu'il croit permis de tirer les conclusions suivantes sur l'*État actuel de la métallurgie :*

I. Produits.

1° Tandis qu'il y a dix ans un grand nombre de métaux n'avaient pas été obtenus, il est actuellement possible de produire tous les métaux, dont quelques-uns à l'état de corps chimiquement purs ; ceci est au point de vue théorique ;

2° Au point de vue pratique, il est possible d'obtenir un très grand nombre d'entre eux dans des conditions assez économiques pour que l'industrie les emploie de plus en plus (aluminium, chrome, manganèse, etc.).

II. Procédés.

1° La voie sèche, proprement dite, a depuis dix ans réalisé une série de perfectionnements dans ses procédés, amélioré ses appareils au point de vue de leur construction, de leur durée, de l'emploi de la main-d'œuvre, de l'économie de combustible et du rendement. Le traitement des sulfures de cuivre et de plomb par l'air soufflé a particulièrement progressé ;

2° La voie humide, depuis si longtemps remarquable par les faibles teneurs des minerais qu'elle permet de traiter, a essayé un grand nombre de nouveaux procédés ; ceux-ci ne sont pas encore entrés en grand dans la pratique, exception faite de la cyanuration.

Mais de tous les travaux en cours surgiront sans doute des procédés qui se combineront d'une façon heureuse avec l'électrolyse ;

3° L'électrolyse, qui se fait tantôt par voie sèche, tantôt par voie humide, est devenue le seul procédé de fabrication de l'aluminium dans le monde et tend à devenir le seul pour l'affinage du cuivre, aux États-Unis du moins ; mais ces procédés nécessitent encore des bains relativement purs.

Cette action si nuisible des impuretés, qui empêche un plus grand nombre de procédés électrolytiques de réussir dans la pratique, peut être combattue par la chimie proprement dite.

C'est là précisément la combinaison indiquée plus haut et consistant

dans les opérations suivantes : dissolution du métal contenu dans un minerai, épuration de cette dissolution par voie chimique, électrolyse de la solution purifiée.

Le traitement *direct* par électrolyse des minerais et des mattes aurait toujours un avantage : la faible quantité d'énergie nécessaire, puisque l'anode produit une réaction chimique et, par suite, des calories. Mais ceci est théorique et les impuretés apportées par les produits bruts donnent lieu à des forces contre-électromotrices considérables.

Aussi n'est-ce pas là que semble devoir être trouvée la solution du traitement électrique des minerais (à moins, naturellement, qu'une découverte nouvelle n'intervienne), tandis que la combinaison des divers procédés pourra réussir grâce à des progrès graduels et successifs.

D'ailleurs, l'électrolyse avec anode insoluble n'a que l'inconvénient d'exiger une grande quantité d'énergie ; cet inconvénient diminue avec le prix du cheval électrique ;

4° L'électricité a donné d'autres procédés à la métallurgie, ceux du chauffage électrique, à arc et à incandescence.

Eux aussi ne s'appliquent actuellement qu'avec des matières premières pures ; mais il n'y a pas pour eux les mêmes difficultés que pour l'électrolyse et il est certain qu'il est possible de fondre au four électrique un minerai avec ses gangues et de scorifier celles-ci, comme dans un four à cuve. La question revient à une dépense d'électrodes et d'énergie ;

5° D'une façon indirecte, l'électricité prête encore un concours important à la métallurgie; c'est le triage magnétique, nouveau pour les métaux autres que le fer.

C'est aussi un procédé qui peut faciliter des traitements ultérieurs en permettant d'obtenir des produits enrichis et relativement purs.

Conclusion. — C'est donc sous des formes multiples que l'électricité s'appliquera, d'une façon sans cesse grandissante, à l'extraction des métaux.

A cet égard, la situation de notre pays, actuellement si petit producteur de métaux, peut être envisagée favorablement pour l'avenir, et l'utilisation des chutes de nos montagnes permettra de tirer parti de gisements métallifères, trop pauvres pour supporter les frais qu'exigeaient les seuls procédés connus jusqu'à ces dernières années.

M. le Président est heureux de remercier M. Jannettaz, de sa très intéressante communication sur la métallurgie de tous les métaux autres que le fer, à l'Exposition de 1900. Il le félicite d'avoir pu, en si peu de temps, résumer d'une façon très claire, quoique rapide, les perfectionnements apportés, depuis 1889, à un aussi grand nombre de métaux.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Barberot, Ch. Kretzschmar, U. Lasserand, A.-A. Muzet, M. de Quevedo, A. Rosenthal, E.-J. Rouffiac, L. Verzieux, comme membres sociétaires ;

MM. G. Celso Escobedo, J. Chimkewitch, A.-M. Dequéker, A.-A. Dequéker, A. Fuller, G. Giard, M. de Gispert, F. Hudson, H. Lassaux,

Ch. Le Camus, J.-D. Nessi, R.-M. Oates, A. de Oliveira Maia, G. Perelli, H.-Ch. Sauvinet, M.-Ch.-A. Wehrlin, sont reçus membres sociétaires,

Et MM. E.-A. Benoit, A.-E. Berton, J. Breuer, L.-F. Corvol, H.-E. Fondeur, P. Skousès, sont reçus membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 NOVEMBRE 1900

Présidence de M. G. Canet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès suivants :

M. A. Juin, ancien élève de l'École des Mines (1867), Membre de la Société depuis 1891, fabricant de tôle émaillée;

M. G. Leloutre, Membre de la Société depuis 1876, Ingénieur civil. expert près le Conseil de préfecture de la Seine, administrateur de la Caisse d'épargne, membre de la Commission d'hygiène, ex-délégué cantonal, lauréat de la Société Industrielle du Nord de la France (1881) pour son mémoire sur les transmissions par courroies, lauréat de l'Institut de France (prix Fourneyron 1891). Prix annuel de la Société en 1893 pour sa théorie de la machine à vapeur et de l'enveloppe;

M. L. Robin, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1870), membre de la Société depuis 1888, Ingénieur-Constructeur;

M. J. Hinstin, ancien élève de l'École Centrale (1859), Membre de la Société depuis 1885. S'est occupé plus spécialement de l'application des lampes à arc voltaïque à l'éclairage, et de la création de types perfectionnés d'appareils de chauffage industriels et domestiques; M. Hinstin avait fait à ce sujet une communication à la Société, en juillet 1894. et avait été primé au concours international de fumivorité, en 1898, pour ses foyers.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes. Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur : M. E. Coignet;

Chevalier de la Légion d'honneur : M. E. Borderel;

Officiers du Mérite agricole : MM. E. Asselin, A.-L. Simon;

Chevalier du Mérite agricole : M. G.-C. Lévi;

Commandeurs du Christ du Portugal : MM. Benet, Favarger.

M. LE PRÉSIDENT a également le plaisir de faire connaître à la Société que l'Institution of Junior Engineers, dont les délégués ont été reçus par la Société à l'occasion de l'Exposition, vient de lui décerner le titre de Membre honoraire.

M. LE PRÉSIDENT dit que, depuis la séance du 2 novembre où il a donné connaissance de la liste des Membres de la Société faisant partie de la Commission permanente du Congrès national des Travaux publics, de nouveaux noms ont été ajoutés à cette liste. Ce sont ceux de MM. Bourdonnay, Trésorier; Armengaud, Barbet, de Coëne, G. Dumont, J.-B. Hersent, Marsaux, Membres.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui sera insérée dans un prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, M. le Président signale plus spécialement le don qui nous a été fait par notre ancien Président, M. G. Eiffel, de son ouvrage sur *les Travaux scientifiques exécutés à la Tour de 300 mètres.*

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société des Ingénieurs Allemands nous a adressé une lettre demandant le concours des Membres de la Société pour la *création d'un dictionnaire technique.* Cette lettre est ainsi conçue :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Parmi les Ingénieurs Allemands, il a été souvent éprouvé la nécessité de disposer d'un dictionnaire technique, universel et authentique, rédigé notamment dans les trois langues principales : allemand, français et anglais. Pour ces raisons, la Société des Ingénieurs Allemands (Verein Deutscher Ingenieure) a formé le projet de créer un dictionnaire de cette espèce.

» Il est bien entendu que notre Société sera prête à faire des sacrifices considérables, en se chargeant des frais et des travaux nécessaires, pourvu que nous ayons la certitude de pouvoir atteindre ce but; ce qui ne sera possible qu'avec le concours de nos confrères en France, en Angleterre et aux États-Unis, notamment des Sociétés techniques et scientifiques.

» Dans le cas de leur consentement, nous proposerons que ces Sociétés nomment des Membres compétents, chargés de servir d'intermédiaire entre la Commission de rédaction, nommée par notre Société, et les groupes industriels et scientifiques de leur pays, pour fournir les termes techniques de toute branche sociale.

» Nous nous permettons cependant de faire remarquer qu'en vue des frais considérables de la publication de cet ouvrage, qui seront entièrement à la charge de notre Société, il ne nous sera pas possible de rétribuer l'assistance des Sociétés et des groupes industriels et techniques. Au delà des contributions ne seront pas demandées.

» Nous vous prions donc, Monsieur, de nous accorder votre précieux » concours pour l'œuvre que nous poursuivons et qui certainement » rendra de grands services aux Ingénieurs et aux industriels de tous » les pays.

» Veuillez agréer, Monsieur, avec nos remerciements anticipés, l'as- » surance de notre haute considération.

» *Verein Deutscher Ingenieure.*

» Th. Peters. »

Les Membres de la Société qui désireraient donner leur concours à ce travail, dont l'importance n'échappera à personne, sont priés de se faire inscrire au Secrétariat de notre Société.

Leurs noms seront transmis à la Société des Ingénieurs Allemands qui se mettra en rapports directs avec eux.

M. le Président donne la parole à M. Delmas pour sa communication *sur l'Amélioration des transports en commun à Paris.*

M. Marcel Delmas signale les critiques qui ont paru dans la presse étrangère sur nos transports en commun à Paris.

Il faut y répondre. Il les reconnaît fondées, en grande partie, et veut établir les responsabilités. Il prend comme exemple la Compagnie des Omnibus, qui fait à elle seule la moitié de la recette brute de tous les transports parisiens, 47 millions de francs, sur 105 millions, dont 33 millions pour les fiacres.

Pourquoi cette lenteur inqualifiable dont M. Delmas chiffre les vitesses pour un grand nombre de lignes? C'est à cause du système des correspondances, du manque de fréquence des voitures, de l'appel des numéros, des impériales, etc., toutes questions qui dépendent uniquement du cahier des charges et par conséquent du Conseil municipal, auquel doivent remonter la plupart des critiques de la presse étrangère. Il est bien certaines critiques, qui visent exclusivement les Compagnies, telles que le défaut d'éclairage, les démarrages trop lents, et l'emploi de trains de plusieurs voitures. On ne comprend pas du reste ce système d'exploitation parce que le prix de revient du kilomètre-voiture serait le même avec deux automobiles rapides qu'avec un train lent.

M. Delmas montre les avantages du Métropolitain au moyen de chiffres relevés sur la durée des arrêts, les démarrages, les vitesses moyennes, la fréquence. Il montre que la capacité de transport est actuellement limitée à 6 000 voyageurs par heure et par voie, tandis qu'un tramway de surface arrive à débiter jusqu'à 15 000 voyageurs par voie si la fréquence des départs est suffisante.

Il montre par des chiffres que les tramways de surface sont loin de transporter toute la clientèle possible, tandis que le Métropolitain paraît avoir atteint du premier coup son maximum.

M. Delmas fait des comparaisons de chiffres avec les transports en Amérique, et conclut à la réduction probable à Paris des fiacres, le prix de revient du kilomètre de fiacre électrique et sa vitesse maximum (dernier concours des fiacres automobiles), ne lui permettant pas de lutter avec un tramway perfectionné composé de voitures légères rapides, fréquentes, bien éclairées, et rarement pleines.

En comparant les chemins de fer de ceinture et autres au Métropolitain, et, se basant sur des diagrammes, on condamne le système des trains lourds, longs, et rares, au profit du système des démarrages très rapides, des arrêts très courts, et des stations très rapprochées, pour les services urbains. Le moyen de transport qui débiterait le plus, serait le trottoir roulant, plus encore que les tramways très fréquents, et beaucoup plus que le Métropolitain et le chemin de fer de ceinture.

La vitesse du Métropolitain de 21 *km* tomberait à 16 *km* si cette Compagnie pratiquait les arrêts prolongés et les lents démarrages qu'on relève sur les tramways de surface.

M. Delmas conclut à la nécessité d'une transformation complète des tramways de surface, pour en augmenter la rapidité et la capacité, au moyen de diverses réformes qu'il énumère, qui visent beaucoup plus le système d'exploitation que le mode de traction, pour lequel cependant les petites automobiles légères s'imposent.

M. le Président remercie M. Delmas d'avoir apporté à la Société le résultat de ses recherches, il s'associe à la plupart de ses conclusions; toutefois, il pense qu'une comparaison est difficile à faire entre une ville de luxe comme Paris et les villes industrielles des États-Unis et d'Angleterre, où plus que partout ailleurs le temps est de l'argent. Les gens pressés prendront le Métropolitain; quant au public des tramways, qui souvent n'est pas pressé, prendra-t-il jamais les habitudes des Anglais et des Américains?

M. Georges Marié demande à M. Delmas s'il ne pense pas qu'on pourrait augmenter notablement la puissance de transport du Métropolitain : 1° en portant le nombre de voitures à huit au lieu de quatre; 2° en allongeant les gares pour permettre de dépasser le nombre de huit voitures.

M. Marié préfère de beaucoup les tramways légers aux tramways à impériale.

M. P. Regnard s'associe complètement aux conclusions de M. Delmas, il est d'accord avec lui en tous les points de son intéressante communication; il rappelle qu'en plusieurs circonstances il s'est élevé contre tous les projets de Métropolitain souterrain, et a préconisé ce qu'un de nos regrettés Présidents avait appelé le Métropolitain à niveau, c'est-à-dire des tramways légers et rapides répandus à profusion.

A ce point de vue l'expérience du funiculaire de Belleville a été tout à fait concluante, car si la traction mécanique a si parfaitement réussi dans la rue de Paris la plus accidentée et la plus tortueuse, étroite en outre et extrêmement fréquentée, il est bien permis d'affirmer qu'elle est, *a fortiori*, applicable partout.

Les perfectionnements récents de la traction électrique par caniveaux souterrains ou au moyen de plots, réduisent à néant les objections des amoureux passionnés de l'esthétique. D'ailleurs, les lignes à trolley, bien plus avantageuses sous le rapport du prix d'installation, n'offusquent point la vue lorsqu'on a soin d'éviter les fils transversaux de support, comme cela a été fait par exemple sur l'avenue de la République.

Il est incontestable, par exemple, qu'une ligne de tramways à trolley

rendrait de grands services sur les grands boulevards, mais en coûtant bien moins cher que le Métropolitain.

Les pertes de temps énormes dont M. Delmas a donné le désolant tableau, représentent une perte de vie humaine bien autrement considérable que celle causée par les accidents qui se produisent, dont le nombre du reste est loin d'augmenter dans la même proportion que le trafic.

M. Ed. Badois, tout en reconnaissant l'importance des considérations générales qui viennent d'être exposées, croit qu'il faut se garder d'établir des règles absolues sur les chiffres moyens résultant d'exploitations faites dans des villes qui ne sont pas comparables ou même dans des quartiers d'une même ville dont les conditions de topographie et de circulation sont différentes. New-York, ville plate, avec ses grandes avenues parallèles et les habitudes de ses habitants, ne ressemble en rien sous ce rapport à Londres ni à Paris. Ici, il faut tenir compte, dans les quartiers du centre surtout, de la circulation à pied d'une nombreuse population comprenant des femmes, des enfants, des personnes âgées, de celle des fiacres, des camions et autres véhicules, des croisements des rues et autres obstacles, qui ne permettraient pas la succession des tramways à des intervalles aussi rapprochés qu'en Amérique, et qui s'opposent de toute manière aux grandes vitesses préconisées tout à l'heure. Sous ce rapport, le tableau des vitesses moyennes et des durées moyennes des arrêts présenté par M. Delmas, ne semble pas très concluant.

La vitesse de 19 *km* obtenue au Métropolitain est toute naturelle : la ligne est exclusivement réservée à ses trains, il n'y a pas d'obstacle sur la voie, pas d'arrêt en dehors des stations, aucun retard imprévu. On arrive à 12 *km* sur la ligne de tramways Bastille-Charenton et à 16 *km*, parait-il, sur celle de la Place de la République à Romainville ; il ne faut pas attribuer l'obtention de ces vitesses, simplement au peu de durée des arrêts ; ceux-ci sont courts parce qu'en dehors des points terminus, ou de quelques autres bien déterminés, il ne descend ou monte que peu de voyageurs en route. Si la vitesse est plus grande qu'ailleurs, c'est surtout parce que les voies parcourues sont peu encombrées, et qu'il y a moins d'arrêts. Le tramway de Romainville longe sur une grande longueur le cimetière du Père-Lachaise et ensuite traverse un quartier excentrique où il y a relativement peu d'habitations, où les fiacres sont rares, et les camions encore plus rares.

Ce sont des conditions tout autres que celles de la rue Lafayette, par exemple, sillonnée de voitures de toutes sortes, qui la suivent ou la traversent, y compris les fardiers de pierre descendant de la Villette. Le mouvement y est excessif ; les arrêts sont incessants et plus longs en raison du profil accidenté, et du nombre de voyageurs qui assaillent à chaque fois la voiture. On y atteint pourtant la vitesse moyenne de 9 *km* à l'heure. Il est douteux qu'un autre système de traction que celui par l'air comprimé puisse satisfaire à ces conditions. Aussi n'est-il pas surprenant de voir ce système s'affirmer de plus en plus.

Le funiculaire de Belleville aussi donne tous les bons résultats indi-

qués par notre Collègue Régnard, mais là encore il répond à un besoin spécial et n'est pas entravé dans sa marche par les fiacres ou par le camionnage, qui se garderaient bien de suivre une rue aussi déclive que celle parcourue par ce tramway *sui generis*, qui n'aurait aucune raison d'être dans une rue ordinaire.

En résumé, tout en ayant toujours en vue les principes généraux, il faut tenir compte des conditions de circulation qui en modifient l'application et cela est vrai, surtout à Paris, où ces conditions sont très diverses.

M. L. de Chasseloup-Laubat présente quelques observations sur le travail très intéressant de M. Delmas. Il rappelle qu'il a eu l'occasion d'habiter assez longtemps les États-Unis, notamment pendant toute la durée de l'Exposition de Chicago, où il y a eu parfois des foules énormes, puisqu'un jour, plus de 700 000 personnes sont entrées à l'Exposition. Or, cette Exposition étant loin du centre de la ville, tous les visiteurs y étaient transportés soit par bateaux, soit par tramways, soit par chemins de fer. Il connait également bien New-York.

Aussi, sans entamer la question des automobiles et de la plate-forme, il demande à faire les observations suivantes sur les tramways et le Métropolitain. M. de Chasseloup-Laubat estime que le système actuel des transports en commun dans les rues de Paris est absolument scandaleux. Il n'y a qu'en France que les gens acceptent de rester ainsi sous la pluie, et de piétiner dans la boue en tenant à la main des numéros et des correspondances, avec le vague espoir de trouver peut-être une place dans un tramway ou omnibus. Ce spectacle est une honte pour une ville comme Paris. C'est sans doute la longue habitude invétérée de se soumettre à l'omnipotence de l'administration, qui fait ainsi tolérer un état de choses absolument intolérable. Avec une organisation de transports en commun qui paraitrait idéale aux Parisiens, on a vu éclater des émeutes aux Etats-Unis.

Il faut absolument abolir le système des correspondances et des contrôles en station. Le contrôle doit se faire en route.

En ce qui concerne le matériel, il n'est pas douteux que les seules solutions acceptables sont celles qui comportent des véhicules ne contenant pas en eux-mêmes leur force motrice, mais la prenant le long d'une ligne extérieure : c'est dire qu'il faut condamner l'emploi des automotrices sur rails, et n'admettre, au contraire, que les lignes à câble mobile, ou mieux encore, les lignes électriques.

En effet, les automotrices sont beaucoup plus lourdes, toutes choses égales d'ailleurs, que les voitures à câble ou que les voitures électriques. Il en résulte que, pour les premières, les démarrages et les arrêts sont plus lents, et que les accidents sont plus à craindre tant en nombre qu'en gravité.

Mais il convient d'ores et déjà de faire remarquer que le choix du système se lie à la sempiternelle question des abus des pouvoirs publics.

L'automotrice n'est qu'un instrument de transition. L'avenir est évidemment à l'électricité, bien qu'il ne faille pas faire fi des lignes à câbles, qui constituent une excellente solution dans les terrains acci-

dentés : certains quartiers de San Francisco seraient très difficilement habitables sans les lignes à câbles, tant est considérable la pente des rues.

Sans avoir étudié spécialement la capacité de transport du Métropolitain de Paris, M. L. de Chasseloup-Laubat ajoute qu'il parait bien difficile d'admettre, d'après ce qu'on y voit, que l'on ne puisse pas y augmenter l'intensité de la circulation.

Contrairement à ce que l'on pense souvent, il n'y a aucune espèce d'inconvénient, ni au point de vue des démarrages, ni au point de vue des arrêts, à augmenter la longueur des trains, lorsqu'on dispose de freins continus et d'une force motrice très considérable, ce qui est le cas des lignes électriques.

Les solutions à donner aux transports en commun dépendent de la physionomie de chaque ville, des mœurs de ses habitants et de la façon dont l'existence y est organisée.

Il n'est certainement pas exact de prétendre que le public parisien soit indifférent à la vitesse des moyens de transport : la preuve en est dans le succès que le Métropolitain a obtenu, même dans certaines classes qui, par éducation et genre de vie, y paraissaient absolument réfractaires.

Mais, d'un autre côté, le public parisien — ou du moins la partie la plus éclairée du public parisien — ne désire pas voir défigurer notre magnifique cité en la livrant tout entière aux Compagnies de tramways.

Il ne faut pas, en effet, oublier que, lorsque les tramways sont trop rapprochés, la circulation devient presque impossible pour tous autres véhicules que les tramways. C'est ce dont il est facile de se convaincre à Chicago et New-York, certains jours de grande foule ; et pourtant les rues des villes des États-Unis sont généralement beaucoup plus larges que les nôtres.

Quant aux parties de New-York (la portion sud-est de l'ile de Manhattan) où la largeur moyenne des voies de communication se rapproche de celle des nôtres, la circulation finit par y devenir presque impossible non seulement pour les véhicules autres que les tramways, mais pour les tramways eux-mêmes. Et pourtant New-York a déjà un Métropolitain surélevé.

En fin de compte, malgré les tramways à circulation intensive et le Métropolitain surélevé, la ville de New-York sera probablement forcée d'en arriver à un Métropolitain souterrain, ce qui prouve bien que chaque système répond à des besoins particuliers. Il n'est donc pas exact de dire que les tramways à eux seuls peuvent donner toutes les satisfactions désirables, alors même que l'on admet la possibilité de leur livrer presque entièrement les voies publiques

Il convient enfin d'appeler l'attention de la Société des Ingénieurs Civils de France sur les questions économiques que soulèvent les différentes solutions projetées.

Il est souvent regrettable que l'économie politique soit parfois un peu délaissée chez nous ; car, pour l'Ingénieur, il ne s'agit pas seulement de produire, mais il faut encore vendre. On doit donc étudier l'accomplissement d'un travail quelconque non seulement au point de vue technique.

c'est-à-dire du travail considéré en lui-même, mais encore au point de vue économique, c'est-à-dire au point de vue des services que peut rendre l'accomplissement de ce travail.

Dans cet ordre d'idées, il est simplement nécessaire de mettre en lumière deux faits importants :

1° D'abord, ce sont les résultats néfastes qu'a eus, pour les transports en commun à Paris l'attitude des pouvoirs publics — État, Département, Commune. — Un contrôle tracassier, mais non effectif, retarde les progrès sans empêcher les accidents. Le fonctionnarisme est une des plaies de ce pays-ci. En outre les concessions sont trop courtes et les cahiers des charges trop onéreux pour que les Compagnies osent souvent faire des installations adéquates aux besoins actuels ; car les amortissements sont trop considérables pour en permettre l'amortissement dans le temps donné. Enfin les impôts sont ridiculement élevés.

Il ne faut jamais nous lasser de répéter ici, aux Ingénieurs Civils, cette vérité qui commence seulement à se faire jour dans le public : le fonctionnarisme et les pouvoirs publics sont souvent, en France, les pires ennemis de l'initiative individuelle et du génie civil.

2° Il convient de ne pas oublier que Paris est une ville dont les industries sont en grande partie des industries de luxe. Pour s'en convaincre, il suffit d'étudier les statistiques du commerce parisien. Il faut donc se garder d'enlever, sinon à tout Paris, du moins à certains quartiers, tout ce qui leur donne le caractère d'élégance. Autrement, on atteindrait gravement la prospérité du commerce et de la ville. Déjà, sous l'influence de certaines causes qu'il est inutile d'étudier ici, il n'est pas douteux qu'au printemps, Londres, et en hiver le midi de la France, Rome, et le Caire, ont enlevé à Paris une grande partie de cette clientèle riche qui faisait sa fortune. Il faut autant que possible enrayer ce mouvement, c'est-à-dire que, dans l'intérêt supérieur de la Ville de Paris elle-même et du commerce parisien, il convient de rejeter impitoyablement toute solution de transports en commun qui tend à éloigner cette clientèle.

M. Lucien Périssé s'associe aux idées exposées par notre Collègue L. de Chasseloup-Laubat ; il rappelle qu'il a soutenu une thèse analogue dans le travail qu'il a présenté à la Société avec M. R. Godfernaux sur les transports en commun.

Répondant à l'observation de M. le Président, il exprime l'opinion que le public parisien s'habituera, quand on lui en fournira les moyens pratiques, à diminuer les arrêts aux stations ; on l'a constaté dans plusieurs grandes villes de province, notamment à Rouen, où le public circulant dans les rues a plus que quadruplé depuis l'établissement des moyens de transports rapides.

Il souhaite que Paris soit enfin doté de véhicules rapides, légers, fréquents, sans impériale et sans correspondances, sur tous les points de la ville où cela sera compatible avec la circulation.

M. J. Mesureur déclare qu'il est préoccupé des indications données par M. Delmas à propos des tramways ; il craint que le système préconisé par notre Collègue ne diminue pas le nombre des accidents. Il ne

faut donc rien exagérer : les gens pressés prendront le Métropolitain qui est installé en sous-sol et par suite peut aller à 20 ou 25 *km* à l'heure, mais il ne faut pas entraver les rues avec les véhicules monstres et les véritables trains qu'on voit se répandre un peu trop partout dans Paris.

M. D.-A. Casalonga indique qu'il a été longtemps de l'avis de notre regretté ancien Président L. Richard, et de notre Collègue Regnard sur la nécessité d'établir des tramways à voitures rapides, mais il a modifié son opinion quand il en a vu journellement les inconvénients. C'est pourquoi il avait avec son regretté camarade et ami C.-A. Faure, présenté à la Société un projet de Métropolitain souterrain à plates-formes roulantes et à traction électrique.

Depuis on a établi le système mais en l'air ; et tout le monde a pu voir l'application des plates-formes roulantes au transport intensif du public, à l'Exposition ; mais la solution sur viaduc métallique vibrant n'est pas à beaucoup près, au centre d'une ville populeuse, aussi pratique que la solution souterraine qui offre de nombreux avantages par rapport au Métropolitain tel qu'il a été exécuté.

M. J. Mesureur est également partisan de la plate-forme roulante, on pourrait en faire probablement une application à niveau ou souterraine sur le boulevard qui doit remplacer les fortifications du côté ouest de Paris.

M. M. Delmas répond aux observations de nos Collègues. En ce qui concerne les vitesses moyennes, au sujet desquelles notre Vice-Président, M. Badois, a présenté des observations, il montre que c'est principalement la durée des arrêts et du démarrage qui en modifie les chiffres et non pas la vitesse propre du véhicule.

Dans le même ordre d'idées, il répond à M. Marié que ce serait une grave erreur que d'augmenter la longueur des trains du Métropolitain, en admettant que ce soit chose facile ; par le fait même qu'il y aurait plus de voitures, la durée moyenne des arrêts, qui est de 19 secondes, s'élèverait à 25 ou 28 secondes et plus et la vitesse moyenne commerciale s'en ressentirait évidemment. Or, si le Métropolitain n'allait qu'à 10 ou 12 *km* à l'heure, personne ne le prendrait.

Quant à la plate-forme roulante, la question semble à M. M. Delmas encore prématurée ; avant d'entreprendre un tel travail il faut s'attacher à faire donner aux tramways la capacité de transport maxima.

M. Georges Marié reste convaincu qu'on sera amené par la force des choses à augmenter de beaucoup le nombre de voitures du Métropolitain, quand même il devrait en résulter une augmentation de six à neuf secondes dans la durée de chaque arrêt ; il pense, du reste, que cette augmentation sera inférieure à six à neuf secondes.

M. P. Regnard répond à plusieurs observations présentées. Il estime que la plate-forme mobile en sous-sol serait une solution acceptable, mais son installation est difficile à cause des nombreux obstacles du sous-sol de Paris.

Quant au Métropolitain, tel qu'on l'a fait il ne pourra jamais couvrir ses frais de construction ; le Métropolitain de Londres, qui a été com-

mencé il y a quarante ans, ne donne pas 2 0/0 du capital engagé. Il faudrait à Paris une ou deux voitures par train où l'on serait debout, mais où pourraient s'entasser ceux qui sont partisans de la vitesse ; on n'hésiterait pas à rester debout quelques minutes si l'on était sûr d'avoir toujours de la place et d'aller vite. Du reste, le Métropolitain Parisien a eu pour excellent résultat de rendre visible ce besoin latent de vitesse indispensable à la majorité des Parisiens pour leurs affaires.

Il faut que les tramways entrent dans la voie tracée par M. Delmas, parce que, comme l'a dit le grand Franklin : « le temps est l'étoffe dont notre vie est faite »; on doit donc l'économiser par tous les moyens possibles.

Ceux qui ont le temps de flâner auront toujours les trottoirs pour le faire ; la chaussée doit appartenir à la locomotion rapide quant aux carrefours, la circulation des voitures doit y être rapide mais intermittente pour chaque sens de croisement.

M. le Président remercie nos Collègues qui ont développé leur opinion, l'amplitude prise par la discussion a montré que M. Delmas a bien fait de porter cette question brûlante à notre tribune et il l'en remercie.

M. le Président donne la parole à M. G. Leroux pour sa communication sur les *Moteurs autres que ceux à vapeur*.

M. G. Leroux rappelle que, dans les conférences-visites qu'il a dirigées à l'annexe de Vincennes et au Champ-de-Mars, l'attention des Membres de la Société s'est particulièrement portée sur les moteurs à explosion et à air chaud, à l'exception des moteurs d'automobiles. Il vient résumer devant la Société les renseignements recueillis.

Au Champ-de-Mars, les moteurs au gaz d'éclairage étaient seuls autorisés; à l'annexe de Vincennes on voyait les moteurs à gaz pauvre ou à pétrole en fonctionnement.

Moteurs à gaz d'éclairage. — Ils fonctionnent tous à quatre temps, selon le cycle Beau de Rochas, sauf le petit moteur Bischoff-Rouart à deux temps.

La compression a été sans cesse en augmentant de 2 *kg* (premiers moteurs Otto) à 5 1/2 *kg* (Charon). La distribution se fait toujours par soupapes. Quant à l'allumage, il est assuré par bougies électriques ou tubes incandescents sans règles bien précises à ce sujet. Les régulateurs sont, en général, du type centrifuge, quelques-uns du type pendulaire; la plupart du temps l'action du régulateur est celle dite du « tout ou rien », c'est-à-dire que l'on agit soit sur la soupape d'admission pour la tenir fermée, soit sur la soupape d'échappement pour la tenir ouverte quand il y a lieu à ralentissement.

M. Leroux signale les particularités des moteurs Kœrting, Tangye, Charon, Champion, Letombe, Duplex; certains constructeurs ont essayé de faire des moteurs à grande puissance de 160 *ch* à deux cylindres, de 1 000 *ch* à quatre cylindres, enfin le moteur Cockerill de l'Exposition pouvait développer 900 *ch* dans son cylindre unique. Des dispositifs spéciaux ont été combinés pour la mise en marche de ces gros moteurs.

Moteurs spéciaux. — Les moteurs à gaz Riché, les moteurs à gaz pauvre Taylor et Gardie sont ensuite examinés ainsi que les moteurs qui utilisent les gaz des hauts fourneaux. On compte, en effet, 4 500 m^3 de gaz à 900 calories par tonne de fonte produite, sur lesquels 60 0/0 environ sont utilisés par le réchauffage de l'air, le surplus représente approximativement une force de 20 *ch*, soit, pour un haut fourneau de 100 *t*, une force disponible de 2 000 *ch*.

Jusqu'à présent on utilisait ces gaz sous les chaudières et ils donnaient une puissance de 350 *ch*, on voit donc tout l'avantage considérable qui résulte de l'utilisation des moteurs à explosion.

Cependant cette utilisation n'est pas des plus faciles; l'allumage est souvent difficile, les dimensions des cylindres deviennent considérables et l'on pouvait craindre une usure des cylindres et un encrassement notable des soupapes. On est arrivé, toutefois, à surmonter ces difficultés et le moteur construit par la Société Cockerill du système Delamarre-Deboutteville, qui était exposé au Champ-de-Mars, a attiré l'attention des visiteurs.

Moteurs à pétrole. — Ces moteurs utilisent soit l'essence de pétrole, soit le pétrole lourd; ils sont tous du type à quatre temps.

Les moteurs diffèrent peu des moteurs à gaz ordinaires et l'organe le plus intéressant à étudier est le *carburateur*, c'est-à-dire l'appareil qui produit le mélange d'air et de vapeur carburée. Les carburateurs diffèrent selon que l'on emploie :

1° La gazoline dont la densité est.	0,645 à 0,650
2° L'essence de pétrole	0,680 à 0,720
(qu'on peut remplacer par l'alcool ou la benzine).	
3° Le pétrole lampant	0,800 à 0,820
4° Le pétrole lourd ou huile de schiste	0.850 à 0,900

Les moteurs à pétrole se règlent comme les moteurs à gaz, avec cette adjonction qu'on peut aussi faire varier automatiquement la quantité de pétrole introduit dans le cylindre.

M. G. Leroux signale en passant le moteur rotatif exposé par la maison Niel, qui n'était du reste pas en fonctionnement, et décrit des moteurs basés sur un principe différent de celui des moteurs à quatre temps : le moteur Diesel au pétrole lourd et le moteur Banki de Budapest à la benzine. Il rappelle que dans le moteur Diesel, dont on a déjà entretenu la Société, la consommation de pétrole lourd ne dépasse pas 0,250 *g* par cheval effectif à pleine charge; quant au moteur Banki, la consommation de benzine ne serait que 0,225 *g* par cheval effectif.

Moteurs à air chaud, — Ces moteurs étaient en nombre très restreint à l'Exposition. M. G. Leroux signale : le moteur Brown, construit par M. Leblanc, dont le principe est analogue à celui du moteur Bénier, le moteur Rider et Ericson, à simple effet, qui actionnait des pompes au Champ-de-Mars, enfin le moteur Warmont qui était exposé à l'annexe de Vincennes.

En terminant, M. G. Leroux indique qu'il a dû laisser de côté les questions de consommation, parce que c'est là une question extré-

mement délicate pour laquelle les résultats communiqués sont très rarement comparables.

M. le Président est l'interprète de la Société en adressant à notre Collègue, M. Leroux, toutes ses félicitations sur la façon très complète et très claire dont il a présenté la question des moteurs autres que les moteurs à vapeur. Il demande si certains de nos Collègues désirent des explications ou veulent présenter des observations.

M. E. Cornuault appelle l'attention de la Société sur un des points les plus importants de la communication de M. G. Leroux qui a trait à l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux dans des moteurs à gaz.

Les études faites ces derniers temps, notamment par M. Hubert, professeur de métallurgie à l'École de Liège, par M. A. Witz, professeur à la Faculté de Lille, par l'ingénieur Demenge, et bien d'autres, ont montré qu'on pouvait normalement retirer 20 *ch* de force par tonne de fonte produite dans un haut fourneau en utilisant les gaz perdus dans des moteurs à explosion.

Or, comme on produit en France plus de 2 millions 1/2 de tonnes de fonte par an, les usines métallurgiques possèdent à l'état latent, par conséquent, une force de plus de 125 000 *ch* presque gratuite, alors qu'on ne soupçonnait pas, il y a quelques années, la possibilité de cette utilisation.

On s'occupe, du reste, beaucoup de cette question en Allemagne où 17 ou 18 usines utilisent les gaz de hauts fourneaux pour la force motrice; c'est ce qu'a constaté une Commission d'ingénieurs des plus grandes Sociétés métallurgiques de France, qui s'est rendue en Westphalie tout récemment, et que M. Cornuault a accompagnée. A Dortmund (Hœrde), notamment, la Commission a vu fonctionner trois moteurs de 600 *ch*; un autre moteur de 1 000 *ch* était en montage et un troisième en préparation, d'autres suivront qui feront au total 6 000 *ch* pour une seule usine.

Au moment où l'on recherche de tous côtés les forces naturelles pour la production économique de l'électricité, il était intéressant de signaler à la Société cette nouvelle source d'énergie.

M. E. Badois demande si les causes de l'explosion qui s'est produite à l'Exposition au moteur Letombe ont été déterminées exactement. Cet accident peut-il provenir de la déflagration fortuite de la partie remisée du mélange tonnant?

M. de Faramond de Lafajole et M. J.-J. Deschamps donnent à ce sujet quelques explications; il n'y a pas de remisage dans le moteur Letombe et son fonctionnement ne parait pas être la cause de l'accident en question.

M. F. Manaut demande à signaler certains avantages du remisage sur lesquels, à son avis, M. G. Leroux n'a pas suffisamment insisté. Le remisage a pour effet de produire un mélange intime du gaz et de l'air qui est tout à fait utile à la bonne marche des moteurs à explosion.

En réponse à ce qu'a dit M. Cornuault, il ne croit pas qu'on puisse parler encore couramment de moteur à gaz riche et même à gaz pauvre de 300, 400 et même 1 000 *ch* à un seul cylindre; il n'existe encore que

quelques exceptions à l'étranger, qu'on ne peut considérer comme de la construction courante et qu'il est indispensable de voir fonctionner industriellement.

M. F. Manaut rappelle qu'il a vu, il y a deux ans, aux ateliers Crossley de Manchester un moteur à deux cylindres donnant 160 *ch*, justement à la même époque où la Société Charon construisait également un moteur de même force. MM. Crossley, qui passent à juste titre pour les plus puissants constructeurs anglais, considéraient à cette époque que ce résultat était très remarquable.

Quant aux moteurs à gaz pauvre de grande puissance, il serait intéressant de savoir où ces moteurs fonctionnent, parce que jusqu'ici c'est un renseignement qu'on n'a pu avoir exactement.

M. E. Cornuault s'étonne de la question posée par M. Manaut : il suffit de puiser ses renseignements à des sources récentes, pour être complètement édifié : les gros moteurs à gaz pauvre, à gaz de hauts fourneaux à 900 ou 950 calories, dont il a seulement voulu parler, existent déjà en nombre sérieux dans presque tous les pays, notamment en Allemagne il a le regret de le reconnaître. Il y en avait 41, d'après une statistique remontant à l'année dernière, et il doit y en avoir plus de 60 aujourd'hui; parmi ceux-ci, on compte : 7 moteurs de 500 *ch*, 3 de 600 *ch* et enfin 12 de 1 000 *ch*, comment peut-on dire après cela que le moteur de plus de 200 *ch* n'existe pas ! Quant à la France, on ne peut que constater et regretter son retard; mais, il n'y en a pas moins plusieurs usines : aciéries de Micheville, Vezin-Aulnoye, Outreau, Jœuf, etc., où on peut voir fonctionner de gros moteurs à gaz de hauts fourneaux, et, c'est surtout la liste des usines qui s'apprêtent à installer de pareils moteurs qui serait longue.

Répondant à une question sur le nombre des cylindres des moteurs à gaz visés, M. Cornuault estime qu'il n'y a pas lieu, selon lui, d'exagérer les dimensions des cylindres, dans lesquels se produit l'explosion qui engendre la force, et il n'est pas très partisan de cylindres comme celui de Seraing, figurant à l'Exposition, de 1,30 *m* de diamètre et 1,40 *m* de course ; ce cylindre, dit de 1 000 *ch*, ne les faisait d'ailleurs qu'en gaz de ville, à 5 500 calories, qu'on n'emploie pas en pratique, et, en gaz de hauts fourneaux, il se bornait à 700 *ch*, ce qui est déjà bien élevé. Il semble plus pratique de multiplier le nombre des cylindres, et de faire des moteurs de 600 *ch* avec deux cylindres accouplés de 300 *ch* par exemple, ou bien encore de 1 000 *ch* avec quatre cylindres de 250 *ch* ; ces dispositions sont celles adoptées, notamment, par les moteurs Oechelhaueser, les moteurs Deutz, Otto, Letombe, Crossley. Les autres principaux constructeurs sont : Cockerill (moteur Delamarre-Deboutteville), Le Creusot, Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, etc... M. Cornuault n'entend faire de réclame commerciale à personne, et cite, sur un égal rang, tous les constructeurs qui, à sa connaissance, se sont occupés de la question ; en terminant, M. Cornuault exprime le vœu qu'une question de pareille importance, soit traitée spécialement devant la Société des Ingénieurs Civils, par un Ingénieur absolument au courant des progrès réalisés dans ces derniers temps.

M. E. Badois signale à ce sujet qu'une fonderie de la région de Bourges étudie sa transformation pour utiliser le gaz de ses hauts fourneaux dans des moteurs à explosion.

Il demande à M. Manaut s'il n'attribue pas une influence économique au réchauffage de la partie du mélange tonnant remisée dans le moteur Charon.

M. F. Manaut répond qu'il y a peut-être eu des essais faits en ce sens, mais actuellement le réchauffage dans le moteur Charon n'existe plus, ce réchauffage n'avait pas l'importance qu'on lui avait attribuée tout d'abord.

Quant aux moteurs utilisant les gaz des hauts fourneaux, les essais dont M. Badois a parlé sont faits aux usines de Mazières, près Bourges, avec un moteur à gaz Charon ; ces essais effectués sur un moteur de moyenne puissance, ont pour but de déterminer exactement les conditions du fonctionnement avec le gaz pauvre en vue d'une installation très importante.

Il n'y a aucune raison de supposer que d'aussi bons résultats ne seront obtenus en France qu'à l'étranger. Quant aux moteurs français dont a parlé M. Cornuault, M. F. Manaut croit savoir que la plupart ne sont encore qu'on construction et en installation, il n'en connaît pas en fonctionnement normal comme il en existe en Allemagne.

Dans ce pays, comme l'a signalé M. Cornuault, les gros moteurs sont à plusieurs cylindres et la difficulté n'est pas de construire des moteurs à explosion d'une force donnée, mais bien de faire, industriellement, un cylindre d'une puissance supérieure à 200 *ch* ; ensuite, il suffira de multiplier le nombre des cylindres pour avoir des machines de grande puissance.

M. L. de Chasseloup-Laubat demande si le chiffre de consommation des moteurs à air chaud signalés par M. Leroux est élevé et si l'on peut employer ces moteurs à d'autres usages que la mise en action des pompes.

M. G. Leroux estime que la consommation d'un moteur à air chaud est pratiquement de 1 *kg* de coke par cheval-heure; ces moteurs peuvent être appliqués à un usage quelconque sauf les moteurs Rider et Ericson uniquement applicables aux pompes.

M. le Président clôt la discussion en remerciant M. Leroux et les divers Collègues qui ont pris la parole et apporté des renseignements personnels intéressants. Il remercie M. Cornuault des documents complémentaires qu'il a fournis et espère que le vœu formulé par notre Collègue sera réalisé à bref délai par un Membre de notre Société.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. C. Bohn, P.-A.-J. du Bousquet, L. Duval, F. Journet, A. Macon, A.-V. Malaquin, Ch. Roset, A.-A. de Stampa, comme Membres sociétaires.

MM. A. Barberot, Ch. Kretzschmar, U. Lasserand, A.-A, Muzet, M. de Quevedo, A. Rosenthal, E.-J. Rouffiac, L. Verzieux sont reçus Membres sociétaires.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

La séance est levée à onze heures trois quarts.

CHEMIN DE FER TRANSSIBÉRIEN

TRAVERSÉE DU LAC BAIKAL (1)

PAR

M. Platon YANKOWSKY

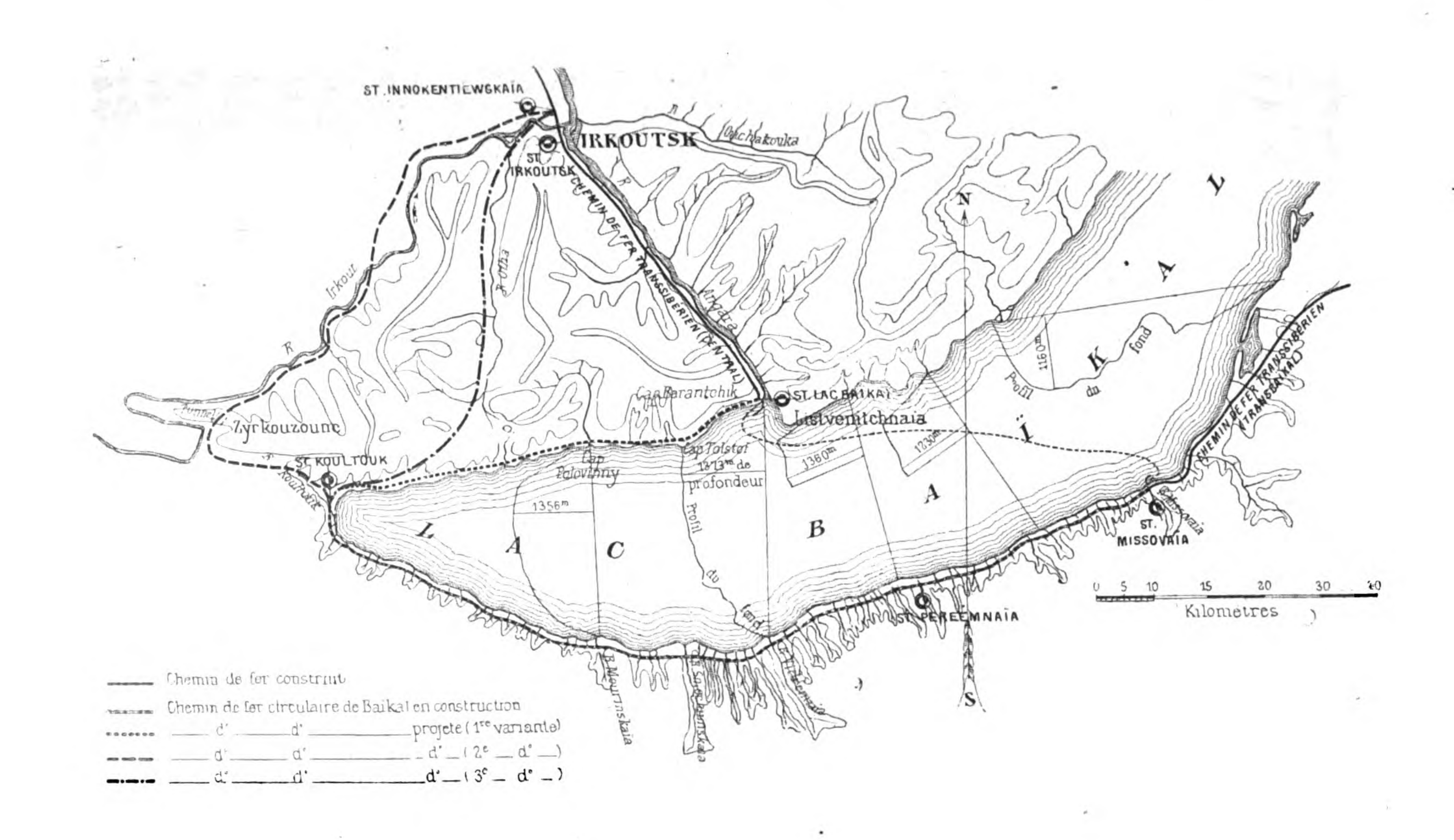
Les travaux de la construction du chemin de fer transsibérien sont, en ce moment, à peu près complètement terminés, et l'exploitation régulière de cette ligne magistrale mesurant 4 413 *km* à partir de Tcheliabinsk (frontière occidentale de la Sibérie) jusqu'à Stretiensk situé sur la rivière Chilka, affluent de l'Amour (frontière de la Mandjourie), sera établie vers la moitié de l'année courante. La ligne d'embranchement Kaïdalowo-Nagadan (346 *km*) qui relie le Transsibérien au chemin de fer Chinois-Oriental aboutissant, d'un côté à Vladivostok et de l'autre à Dalny (Da-lan-van) et Port-Arthur, est encore en état de construction, de même que cette dernière ligne; tous les deux seront achevées vers la fin de l'année prochaine, et au plus tard en 1902 (2).

La voie ferrée du Transsibérien est actuellement interrompue sur une distance de 67 *km* par le lac Baïkal, dont le passage s'effectue sans déchargement des wagons au moyen d'un bateau-bac-brise-glace (ferry-icebreaker), et pourra s'effectuer aussi avec déchargement par un bateau-brise-glace ordinaire.

L'organisation du transport des trains et des voyageurs du Transsibérien à travers le lac Baïkal, sur des bateaux-brise-glace aménagés spécialement à cet effet et capable de pouvoir naviguer toute l'année, a pour but essentiel de raccourcir de 173 *km* la longueur du Transsibérien. En effet, la longueur de la ligne circulaire du Baïkal (deuxième variante) qui, partant de la ville d'Irkoutsk, ou, pour mieux dire, de la station Innokentiewskaia, longe d'abord la rivière d'Irkout, traverse la chaine

(1) Voir planche n° 248.

(2) Ce mémoire a été rédigé bien avant le début des hostilités en Chine. Il n'est pas possible de prévoir l'époque probable d'achèvement du chemin de fer chinois oriental.


ST. INNOKENTIEWGKAÏA
IRKOUTSK
ST. IRKOUTSK
CHEMIN DE FER TRANSSIBERIEN (CENTRAL)
Irkout
R
Zyrkouzoune
Tunnel
ST. KOULTOUK
Koultouk
Angara
Cap Barantchik
ST. LAC BAIKAL
Listvenitchnaïa
Cap Tolstoï
1313m de profondeur
Cap Polovinny
1356m
1360m
1230m
1160m
Profil du fond
L A C B A Ï K A L
N
S
ST. PEREEMNAÏA
ST. MISSOVAÏA
CHEMIN DE FER TRANSSIBERIEN (TRANSBAÏKAL)
B. Mourinskaïa
0 5 10 15 20 30 40
Kilomètres
Chemin de fer construit
Chemin de fer circulaire de Baikal en construction
d' d' projeté (1re variante)
d' d' d' (2e d')
d' d' d' (3e d')

de Zyrkouzoune et descend à Baïkal près de Koultouk en suivant le bord du lac jusqu'à Missovaïa, est de 309 *km*, tandis que la longueur de la ligne directe partant d'Irkoutsk, passant par l'embranchement (déjà construit) Irkoutsk-Barantchick, le long de la rive gauche de l'Angara jusqu'au lac Baïkal, n'est que de 69 *km*, auxquels il faut ajouter les 67 *km* de la traversée du lac pour atteindre Missovaïa, soit en tout 136 *km*, au lieu de 309 *km*.

Une autre raison d'effectuer la traversée des trains par le lac Baïkal était d'éviter la construction très dispendieuse du chemin de fer circulaire du Baïkal, laquelle nécessitait le percement d'un grand tunnel (3 777 *m* de longueur) dans la chaîne de Zyrkouzoune, si la ligne suivait la direction indiquée ci-dessus (deuxième variante) — ou de plusieurs petits tunnels (mesurant ensemble 3824 *m*) — si le chemin de fer circulaire de corniche passait par Barantchik en suivant toujours le bord du lac jusqu'à Missovaïa (1) (première variante).

Toutefois, la construction du chemin de fer circulaire de Baïkal, suivant l'une ou l'autre des directions mentionnées (première ou deuxième variante) est maintenant décidé en principe, et la section Koultouk-Missovaïa est en construction, de sorte qu'une voie ferrée continue joindra en peu de temps l'Europe à l'Océan Pacifique. La construction de ce dernier tronçon du Transsibérien une fois terminée, c'est-à-dire en 1903 environ, le passage des trains à travers le lac Baïkal en bateaux n'aura plus pour effet que d'abréger la durée du trajet.

Les deux points extrêmes du passage du lac sont : la station « Lac Baïkal » sur la rive nord-ouest du lac, près du cap Barantchik, à la sortie de la rivière Angara du lac, et la station « Missovaïa » sur la rive sud-est du lac. La distance en ligne droite entre ces deux points est de 67 *km*.

Les embarcadères reliés à la rive par des digues ont été construits à chacun de ces points terminus pour l'accostage des bateaux-brise-glace. Comme le tirant d'eau de ces bateaux atteint 6,10 *m* et que le fond du lac dans la partie nord-ouest est du roc, et, dans la partie sud-est de l'argile dure avec des pierres, on a, pour avoir la profondeur naturelle nécessaire, construit des ports-embarcadères, s'avançant à une assez grande distance vers le lac, comme l'indique la planche **248**, de telle sorte que la

(1) La troisième variante de la ligne, suivant la vallée de la rivière Olha, est la plus courte, mais exige plusieurs tunnels d'une longueur totale de 5384 *m* et présente des difficultés de construction presque insurmontables.

longueur des digues de raccordement est de 550 *m* à la station « Lac Baïkal » et de 380 *m* à la station « Missovaïa ».

A la rive nord-ouest les profondeurs de l'eau à partir de 7 *m* (4,3 sag.) croissent rapidement en avançant vers le lac, au milieu duquel la profondeur atteint 1 373 *m*; aussi, sur ce côté, la construction d'un port-embarcadère d'une largeur d'entrée suffisante (85 *m*) a-t-elle demandé, pour former les fondations de la digue, un volume considérable (130 000 m^3) d'enrochements dont le talus extérieur descend jusqu'à une profondeur de 45,5 *m*. Du côté de la rive il a fallu creuser sous l'eau, dans le roc, une excavation (5800 m^3). A la rive sud-est une excavation pareille de 4000 m^3, pratiquée dans le fond du lac, facilitera aux bateaux-brise-glace l'approche de l'embarcadère, qui est tourné vers la rive, afin de mieux protéger les bateaux contre le vent du large.

Les embarcadères sont formés de caissons en bois remplis de pierres et ont, chacun, la forme d'une fourche, dont les branches, de dimensions inégales, présentent deux môles : le plus long regarde le lac et mesure 162 *m* de longueur sur 10,65 *m* de largeur ; le plus court, placé du côté de la rive, est long de 72,50 *m* et large de 6,40 *m* à 8,53 *m*. Le bateau-bac-brise-glace *Baïkal* affecté au transport des trains pénètre dans l'espace libre entre les deux môles de l'embarcadère et s'arrête dans une position parfaitement déterminée, où il se trouve protégé contre l'agitation des eaux. On fait ensuite descendre sur le pont du bateau-bac un pont-levis oscillant et flexible ; on établit la communication des rails des voies des embarcadères avec ceux du bateau-bac et on procède au chargement des trains sur ce dernier.

Un second bateau brise-glace *Angara*, affecté au transport des voyageurs et des marchandises, mais avec transbordement de celles-ci, accostera soit le long du grand môle des embarcadères, sur la même ligne que le bateau-bac *Baïkal*, soit derrière le petit môle.

La ligne d'accostage du bateau-bac *Baïkal* est munie de défenses élastiques et d'arrêts élastiques afin d'amortir les chocs du bateau contre les murs du quai des embarcadères et aussi pour l'arrêter dans une position déterminée par la longueur du pont-levis.

Les digues reliant les embarcadères aux rives ont, au niveau des rails, une largeur de 8,53 *m* et consistent, sur les profondeurs dépassant 5,33 *m* en des caissons en bois remplis de pierres ; sur

les petites profondeurs elles ont un profil mixte, composé de caissons en bois du côté du lac et d'un remblai d'enrochements du côté de la rive. Le niveau des rails sur les digues et sur les embarcadères est à 3,75 *m* au-dessus du niveau ordinaire du lac.

Le côté extérieur des digues et des grands môles des embarcadères est muni de murs de défense ayant une hauteur de 2,13 *m* à 3,20 *m* et destinés à mettre les trains à l'abri des éclaboussements des vagues.

Afin de garantir aux bateaux un accès sûr aux embarcadères quand le vent souffle du côté du large, on a construit, à chacun de ces embarcadères, le long de la limite intérieure de l'espace approfondi du port, des jetées préservatrices d'une longueur de 107 *m* à Barantchik et de 85 *m* à Missovaïa. Ces deux jetées empêchent les bateaux de toucher sur les bas-fonds.

Des feux de port (sixième ordre) seront placés aux extrémités du grand môle de l'embarcadère et de la jetée préservatrice. En outre, on va établir sur les digues des feux fixes de quatrième ordre, formant, avec un des feux du port, les lignes d'entrée pour les bateaux abordant la nuit. Les feux de port et les feux fixes sont fournis par la maison Sautter, Harlé et C[ie], à Paris.

Deux bateaux font le service de la traversée : le bateau-bac-brise-glace *Baïkal*, à trois hélices, de 3 750 *ch* indiqués, et le bateau-brise-glace *Angara* à une seule hélice, de 1 250 *ch* indiqués. Le premier est principalement destiné au transport des voyageurs et des wagons de marchandises, mais, au besoin, il peut aussi transporter les voitures à voyageurs et les locomotives. Le second a pour objet de servir d'auxiliaire pour le transport des voyageurs et des marchandises pendant l'hiver, lorsque le lac est sous la glace et dans le cas où le bateau-bac *Baïkal* ne pourrait pas, par hasard, fonctionner.

Le bateau-bac-brise-glace *Baïkal* est construit en acier doux et se rapproche, par la forme de sa coque, des bateaux-bac-brise-glace des chemins de fer américains *Sainte-Marie* et *Saint-Ignace*, bateaux en bois navigant sur le lac Michigan, et aussi du *Fram*, navire de Nansen. La coque du bateau-bac *Baïkal* a une longueur totale de 88,4 *m* et une largeur de 17,4 *m* à la maîtresse-section; la hauteur à partir de la quille jusqu'au centre du pont principal est de 8,7 *m*. En pleine charge le *Baïkal* a un tirant d'eau de 6,10 *m* à l'arrière et de 5,50 *m* à l'avant. Toute la membrure du bateau a des dimensions dépassant de beaucoup celles exigées par le Bureau Véritas ou le Lloyd pour leurs classes supérieures.

Le bordé extérieur, à la flottaison, a l'épaisseur de 25,4 *mm*. De plus, afin de rendre la coque plus résistante aux chocs dus à la glace, on a disposé à la surface intérieure du bordé, contre la ligne de flottaison, des rangées continues de poutres en bois, les unes transversales, les autres longitudinales, formant une ceinture compacte d'une largeur de 3 à 4,5 *m* et ayant ensemble une épaisseur de 0,61 *m*.

Le déplacement total du bateau en pleine charge est de 4 200 *t*; dans ce chiffre la capacité des compartiments à waterballast, servant à améliorer les qualités du bateau comme brise-glace, entre pour 580 *t*, et la capacité des soutes à charbon pour 250 *t*. Le bateau est mu par trois hélices dont deux à l'arrière et la troisième à l'avant. Cette dernière a aussi pour but de disperser la glace brisée par l'étrave. Les hélices ont chacune quatre ailes très solidement construites; les hélices d'arrière, d'un diamètre extérieur de 3,97 *m*, ont leurs ailes en acier, tandis que celle d'avant, d'un diamètre extérieur de 3,36 *m*, les a en bronze phosphoreux.

Trois machines motrices à triple expansion développent chacune une puissance de 1 250 *ch.* indiqués. Quinze chaudières cylindriques fournissent la vapeur sous une pression de 160 livres anglaises par pouce carré (11,25 kg/cm^2). Les deux machines d'arrière impriment au bateau la vitesse de 12 1/2 nœuds en eau libre et calme; la troisième machine sert pour augmenter la propulsion en hiver et pour disperser les glaces. Avec le concours de ses trois machines le bateau-bac *Baïkal* passe facilement à travers une glace compacte d'une épaisseur de 3 1/2 pieds (1,07 *m*) avec une vitesse constante de 3 nœuds environ. Par sa puissance à briser la glace le *Baïkal*, vient, dans le monde entier, immédiatement après le brise-glace russe à quatre hélices le *Ermak*, de 10 000 *ch.* indiqués, construit d'après le projet de Vice-Amiral S. O. Makaroff pour le service d'hiver à la Baltique.

Sur le pont principal du bateau-bac *Baïkal* se trouvent trois voies de rails, sur lesquelles peuvent se loger 25 wagons à marchandises d'un poids brut total de 500 *t*. Au-dessus du pont principal on a construit des cabines de trois classes, ce qui permet de transporter à la fois jusqu'à 200 voyageurs. Les cabines, et en général tous les locaux du bateau-bac, sont éclairés à l'électricité et chauffés à la vapeur.

Le bateau brise-glace auxiliaire l'*Angara* destiné au transport des voyageurs et des marchandises, avec transbordement,

est de dimensions moindres que le « Baïkal », mais du même type de construction, si ce n'est qu'il a les formes plus aiguës. Il est également en acier doux ; sa coque mesure 61 *m* de longueur totale, 10,67 *m* de largeur à la maîtresse section et 7,63 *m* de hauteur au centre ; son tirant d'eau en charge est de 4,57 *m*. L'épaisseur du bordé à la ligne de flottaison atteint 22 *mm*. Le déplacement total de l'*Angara* est de 1 200 *t* dont 400 *t* pour la marchandise et le combustible. Ce bateau peut recevoir 150 voyageurs. Il est mû par une seule hélice d'arrière actionnée par une machine de 1.250 *ch.* indiqués du même type que les machines du *Baïkal*, et il possède également une vitesse de 12 1/2 nœuds en eau calme.

On opérera le transbordement des marchandises des wagons dans la cale du bateau *Angara*, et inversement, au moyen de deux transporteurs système Temperley, chacun d'une puissance élévatrice de 2 1/2 *t* et d'une capacité de transbordement de 3 à 40 *t* à l'heure. Les deux bateaux peuvent servir ensemble pour un trafic de 75 wagons par jour dans chacune des deux directions à travers le lac.

Le *Baïkal* et l'*Angara* ont éte construits en Angleterre sur les chantiers de la maison Armstrong, à Newcastle-on-Tyne, et transportés par pièces au lac Baïkal, où ils ont été montés. Le premier de ces bateaux a été lancé et entrera en service en automne 1900.

Le lac Baïkal est alimenté par des rivières et sources descendant des montagnes qui l'entourent ; l'alimentation augmente en été, quand les neiges fondent, et diminue en hiver. Par suite, le niveau du lac subit des variations allant de 1,07 *m* jusqu'à 0,76 *m* par rapport au niveau ordinaire. Le tirant d'eau du bateau bac *Baïkal* varie aussi à mesure qu'on le charge de wagons. Lorsque le chargement n'est pas symétrique le bateau s'incline de côté : l'angle de l'inclinaison latérale peut atteindre 10° au cas où neuf voitures sont placées à la fois sur une seule voie de côté. Ces circonstances ont causé quelques difficultés dans la construction du pont-levis, destiné à relier les trois voies du bateau-bac avec la voie unique de l'embarcadère. Dans les bateaux-bacs faisant le service des chemins de fer américains et danois ces difficultés n'existent pas, attendu que toutes les voies des bateaux-bacs sont parallèles ou réunies à l'avant du bateau en une seule voie, ce qui n'a pas lieu dans le bateau-bac *Baïkal*.

Les ponts-levis de la traversée du Baïkal se composent de

deux parties (*Pl. 248*); l'une, aboutissant au bateau-bac, est à système rigide, et l'autre, attenant à l'embarcadère, à système flexible. La première partie, dont l'extrémité libre peut être levée ou descendue suivant la position du pont du bateau, a une longueur de 15,25 *m* et sert principalement à réunir les trois voies du bateau en une seule voie. Cette partie du pont-levis est reliée au pont du bateau par des charnières glissantes, facilement démontables quand le bateau doit démarrer; l'autre extrémité de la partie rigide du pont est soutenue, avec l'intermédiaire d'une poutre transversale, par un appui sphérique central, reposant sur une pile en maçonnerie. Cet arrangement permet à la partie rigide du pont-levis de suivre aussi bien les mouvements ascendant et descendant du pont du bateau-bac que son inclinaison latérale au cas où le bateau-bac serait chargé de wagons d'un seul côté.

La seconde partie du pont-levis, c'est-à-dire la partie flexible, reliant d'une manière discontinue la partie rigide avec l'embarcadère, se compose principalement de quatre poutres libres ayant 8,54 *m* de longueur, et reposant, d'un côté dans des paliers placés sur la pile littorale et, de l'autre côté, suspendues à la poutre transversale de la partie rigide du pont au moyen d'accroches et de joints de Cardan, ce qui assure à la partie rigide du pont la liberté des mouvements par rapport à la partie flexible. Les quatre poutres principales de cette dernière partie ne sont reliées entre elles que par des poutrelles transversales à charnières, permettant aux poutres principales et à tout le tablier de la partie flexible de prendre diverses inclinaisons, conformément à la position inclinée de la poutre d'appui transversale de la partie rigide. Donc, la surface du tablier de la partie flexible représente, en général, un paraboloïde hyperbolique dont les génératrices rectilignes sont les poutres principales (1er système) et les poutrelles transversales à charnières (2e système). Les rails de la voie unique de la partie flexible du pont sont fixés sur des longerons en bois boulonnés directement aux deux poutres principales de milieu. Les deux poutres latérales servent de support aux trottoirs.

La manœuvre du levage de la partie rigide du pont s'opère au moyen de chaines avec contrepoids, attachées à l'extrémité libre de la partie rigide et passant sur des poulies; ces contrepoids pèsent chacun 10 1/2 *t* et représentent, en somme, environ 2/3 de la tension des chaines soutenant le poids de la partie rigide du

pont ; le reste du poids, ainsi que les résistances passives se produisant pendant le levage, sont surmontés par la force de quatre hommes agissant sur les palans au moyen d'embrayages à vis sans fin. Le levage du pont se fait en huit minutes. Les poulies de renvoi, les chaînes et les contrepoids sont aménagés dans un portail en fer ayant une largeur de 7,63 *m* et une hauteur de 7 *m*, et surmontant le pont-levis. Le système du pont-levis et des appareils élévatoires qui viennent d'être décrits a été proposé et étudié par l'auteur.

Le bateau-bac *Baïkal* peut faire, en été, deux ou trois voyages par jour, aller et retour, et en hiver, un ou deux voyages, selon l'épaisseur de la glace (la vitesse de marche du *Baïkal* à travers la glace compacte de 1 *m* d'épaisseur est, comme il a été dit, environ 3 nœuds ; la vitesse de marche par le canal formé dans la glace un ou deux jours auparavant s'élève à 7 nœuds).

Le bateau brise-glace *Angara* ne fera pas en un jour plus d'un voyage aller et retour, soit en été, soit en hiver, attendu que le transbordement des marchandises des wagons sur le bateau et inversement, prendra beaucoup plus de temps que le transbordement direct des wagons sur le bateau-bac *Baïkal* et leur remise à terre.

Le prix de revient de l'organisation du transport des trains et des voyageurs du Transsibérien à travers le lac Baïkal, y compris les embarcadères, les digues, les jetées, les deux bateaux brise-glace, le dock flottant, les phares, les ponts-levis et, en général, tous les accessoires de cette entreprise, est évalué à la somme de 6 414 000 roubles, soit en francs : 17 105 000. Les travaux, commencés en 1896, seront terminés dans le courant de l'année 1900.

LES CHEMINS DE FER DE SIBERIE

PAR

M. A. JACQMIN. (1)

La Sibérie comprend quatre gouvernements : Tobolsk, Tomsk, Iénisséisk, Irkoutsk, et quatre territoires : Transbaïkal, Iakoutsk, Amour, région côtière, ainsi que la subdivision de Sachalin. La superficie totale est de 12 518 487 km^2, c'est-à-dire trois fois la surface de l'Europe, Russie non comprise, vingt fois celle de l'Autriche-Hongrie. Ce pays, si étendu, n'a qu'une population de 5 066 332 habitants, le huitième de l'Autriche-Hongrie.

Les chemins de fer sibériens réuniront à la Russie d'Europe une immense région de l'Extrême-Orient et permettront ainsi l'échange des voyageurs et des marchandises entre ces pays. Avec les quelques routes postales souvent défoncées, qui existent actuellement en Sibérie, et les services de navigation interrompus pendant l'hiver, les transports exigeaient plusieurs mois ; de sorte que les nombreuses marchandises échangées à l'occasion de la foire de Nijni-Novgorod, par exemple, ne pouvaient arriver à destination que lentement, à grands frais et avaient souvent à souffrir de la durée du trajet.

C'est en 1886 que l'empereur Alexandre III prit la première décision relative à l'exécution du chemin de fer transsibérien. Il est grand temps, écrivait-il au gouverneur de la Sibérie orientale, de faire quelque chose pour ce pays. Le 17/29 mars 1891, le grand-duc héritier Nicolas reçut l'ordre de faire connaître la détermination impériale aux populations des régions traversées par lui en revenant de son voyage au Japon. Le grand-duc devait aussi planter officiellement à Vladivostok, le premier jalon du chemin de fer de l'Oussouri.

Le chemin de fer devait être construit aux frais et par les soins de l'État.

(1) Extrait d'une communication faite à la Société Autrichienne pour le développement des chemins de fer secondaires et sur routes par M. Ziffer, président de cette Société, Membre de la Société des Ingénieurs civils de France, etc., etc...

Cette communication a été faite bien avant le début des hostilités en Chine ; il n'est pas possible actuellement de prévoir l'époque probable d'achèvement du chemin de fer de Mandchourie.

A son retour de voyage, le grand duc héritier fut nommé président du Comité chargé de poursuivre l'exécution du projet, y compris les services accessoires, tels que le transport du matériel par la mer de Kara à l'Iénisséi, l'établissement de services de navigation sur les fleuves et lacs sibériens, etc.

Devenu empereur, Nicolas II conserva la présidence du Comité, ce qui permit à celui-ci de provoquer dans chaque réunion des résolutions fermes. A l'origine, la construction du chemin de fer de Sibérie avait été confiée à l'administration des chemins de fer de l'État; mais celle-ci ayant déjà la charge d'un réseau de 12 270 *km* on décida, le 5 juin 1893, la création d'une administration spéciale placée sous les ordres du ministre des Communications.

Le chemin de fer sibérien doit avoir une longueur de 6 629 *km* de Tchéliabinsk à Vladivostok ; ce sera ainsi la plus grande ligne de chemin de fer du monde ; la ligne de l'Océan Atlantique au Pacifique par le Canada, qui vient immédiatement après, n'a que 5 892 *km*.

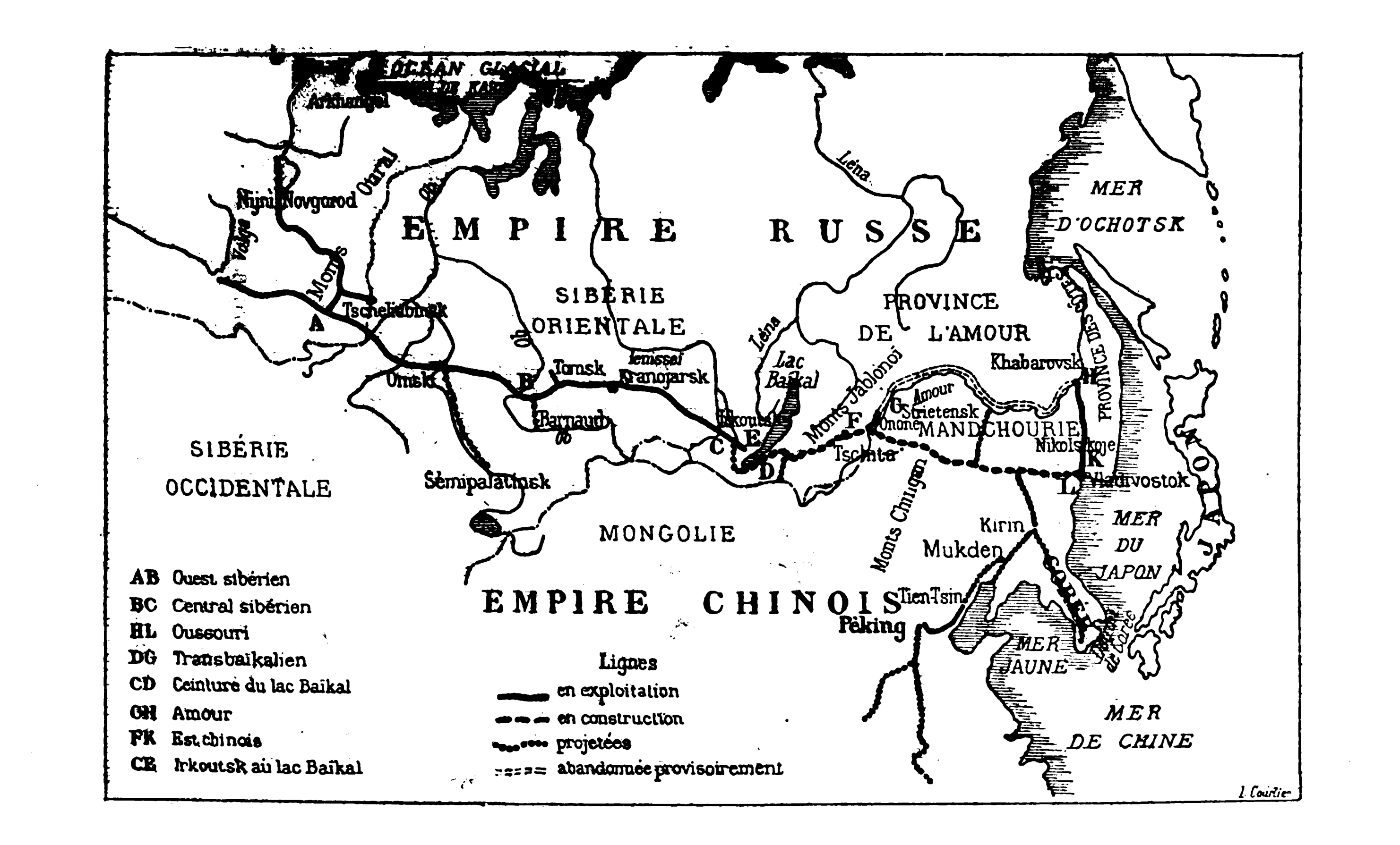
Le chemin de fer sibérien comprend les divisions suivantes :

1. — *Chemin de fer de la Sibérie occidentale*, partant de Tchéliabinsk, à l'extrémité orientale des contreforts de l'Oural ; la construction ayant été commencée en 1891, la ligne fut ouverte le 15/27 novembre 1896 jusqu'à Krivostchekova sur l'Ob, 1 423 *km* ; elle comprend 33 stations éloignées l'une de l'autre de 32 à 56 *km*. La durée du trajet en train mixte est de 66 h. 16 m. Les travaux n'ont donné lieu à aucune difficulté, le terrain est plat et, à part les lignes de bouleaux qui séparent les champs de céréales, on ne traverse aucun bois. La dépense s'est élevée à 14 150 000 *f*, soit 98 750 *f* par kilomètre.

2. — *Chemin de fer de la Sibérie centrale*, longueur 1 831 *km*. La première partie conduit de l'Ob à Krasnoïarsk, 755 *km*, aux bords du majestueux Iénisséi ; le parcours de ce fleuve atteint 3 400 *km*, dont 1 600 *km* sont accessibles aux bateaux à vapeur de haute mer. Un raccordement de 3 *km* réunit le chemin de fer au port.

Depuis Ob jusqu'à Atchinsk, 577 *km*, le terrain est généralement onduleux, coupé par quelques collines peu élevées. Les bouleaux, les peupliers et les mélèzes alternent avec les champs de céréales.

A partir d'Atchinsk, le terrain devient accidenté, la ligne fran-



EMPIRE RUSSE
SIBÉRIE ORIENTALE
SIBÉRIE OCCIDENTALE
PROVINCE DE L'AMOUR
MANDCHOURIE
MONGOLIE
EMPIRE CHINOIS
MER D'OCHOTSK
MER DU JAPON
MER JAUNE
MER DE CHINE
JAPON
CORÉE
PROVINCE DES
Arkhangel
Nijni Novgorod
Oural
Monts
Volga
Ob
Léna
Lac Baïkal
Tomsk
Omsk
Barnaul
Sémipalatinsk
Tschita
Onone
Amour
Monts Jablonoi
Monts Chingan
Khabarovsk
Nikolskoje
Vladivostok
Kirin
Mukden
Tien-Tsin
Péking
A
B
C
D
E
F
G
H
K
L
AB Ouest sibérien
BC Central sibérien
HL Oussouri
DG Transbaïkalien
CD Ceinture du lac Baïkal
GH Amour
FK Est chinois
CE Irkoutsk au lac Baïkal
Lignes
en exploitation
en construction
projetées
abandonnée provisoirement
I. Courtier

chit la chaîne de montagnes de Sajan, et traverse plusieurs fleuves dont l'Iénisséi; on y compte 23 stations à des intervalles qui varient de 18 à 48 *km*.

La deuxième partie conduit tout d'abord de Krasnoïarsk à Kansk à travers différentes vallées, puis elle traverse successivement plusieurs grands fleuves au moyen d'ouvrages d'art importants et aboutit finalement à Irkoutsk. Irkoutsk, 60 000 habitants, située sur les bords de l'Angara, est la ville la plus importante de Sibérie et le siège du gouvernement général.

La section de Krasnoïarsk à Klioutchi, 361 *km*, a été ouverte à l'exploitation provisoire pendant l'automne de 1897 et le reste de la ligne de Klioutchi à Irkoutsk, 715 *km*, pendant l'automne de 1898.

Les frais de construction se sont élevés à 150 000 *f* par kilomètre environ.

3. — *Le Chemin de fer de l'Oussouri* commence au confluent de l'Oussouri et de l'Amour, à Khabarovsk, 14 932 habitants, par une voie de 6 *km* de longueur servant au raccordement avec le port; la ligne court ensuite parallèlement à l'Oussouri, à une distance d'environ 16 *km*, jusqu'aux contreforts du Sihata Alyn, traverse plusieurs fleuves parmi lesquels l'Oussouri lui-même et atteint le lac de Chanka, la ligne se prolonge par les vallées du Sinfum et de l'Uglawa jusqu'à Nikolskoë. 660 *km*, point extrême du chemin de fer de l'Est chinois, et se termine enfin à Vladivostok, le meilleur port de la Sibérie orientale; il présente toutefois l'inconvénient de geler pendant l'hiver; on doit y remédier par l'emploi de bateaux brise-glaces.

La ligne, commencée en 1891 et terminée en 1897, a une longueur de 769 *km*; elle comprend 22 stations; les frais de construction se sont élevés à 123 375 000 *f*, soit environ 160 000 *f* par kilomètre.

4. — *Le Chemin de fer transbaïkalien*, long de 1 100 *km*, part du port de Myssovkaïa, se dirige vers le nord-est en côtoyant pendant 117 *km* la partie méridionale du lac Baïkal. Ce lac, dont la superficie atteint 34 180 *km*², est non seulement la plus étendue des grandes nappes d'eau douce de l'ancien monde, mais elle en est aussi la plus agitée. La ligne s'engage ensuite dans la vallée de la Selenga. franchit cette rivière sur un pont de 971 *m*, traverse la plaine de Chilka, dessert les établissements métallurgiques de

Petrowski et franchit, à la cote de 1129 *m*, les monts Jablonoi qui forment la ligne de partage des eaux entre l'Océan glacial Arctique et l'Océan Pacifique. Le tracé emprunte ensuite les vallées de la Kuka et de l'Ingonda, passe à Tschita, capitale du territoire transbaïkalien et se termine à Striétensk, au confluent de l'Ingonda et de l'Onon, point où elle se raccorde avec le chemin de fer de l'Est Chinois.

La construction, commencée en 1895, retardée par des inondations en 1896, vient d'être terminée tout récemment. La dépense s'élève à environ 200000000 *f*, soit 180000 *f* par kilomètre.

5. — *Le Chemin de fer de ceinture du lac Baïkal* n'aura que 311 *km* de longueur; il doit contourner le lac dans sa partie sud-ouest et réunir la ligne de la Sibérie centrale au Transbaïkalien. Ce tronçon présente de très grandes difficultés d'exécution, il faut traverser trois larges vallées exposées à des inondations considérables; près d'Irkoutsk, un tunnel de 4300 *m* est prévu, etc., etc... les travaux doivent commencer en 1900; on espère les terminer en 1904.

6. — *Embranchement de Tajga à Tomsk, 87 km.* — Tomsk, chef-lieu du gouvernement du même nom, est une ville de 50.000 âmes; elle possède une université et est en réalité la capitale intellectuelle de la Sibérie. Les difficultés du terrain n'ont pas permis de faire passer la ligne principale par Tomsk.

La construction de ce chemin, commencée en 1895, était terminée en 1896; dépense 6125000 *f*, soit 83000 *f* par kilomètre.

7. — *Chemin de fer de l'Est Chinois.* — Le Gouvernement chinois a concédé, en 1896, à la banque Russo-Chinoise, une ligne de chemin de fer allant de la frontière occidentale de la province de Hei-Iung-Kiang à la frontière orientale de la province de Ghirin et se raccordant par deux embranchements avec les gares russes extrêmes du Transbaïkalien, d'une part, du chemin de l'Oussouri, d'autre part.

Une Société par actions a été fondée en vue de l'exécution de la ligne; les statuts, approuvés par décision impériale du 16 décembre 1896, stipulent que les actionnaires devront être sujets russes ou sujets chinois. Le capital est de 5 millions de roubles, soit, au pair, 20 millions de francs. Aucun intérêt n'est garanti aux actions.

Le Gouvernement russe garantira l'intérêt des obligations

émises avec l'assentiment du ministre des Finances de Russie, ainsi que les insuffisances d'exploitation.

La durée de la concession est de 80 ans, avec faculté de rachat au bout de 36 ans, moyennant le remboursement du capital.

La Compagnie pourra recevoir, en outre, des concessions particulières pour l'exploitation de houillères ou de mines.

La ligne appartient nominalement à la banque Russo-Chinoise, la construction et l'exploitation sont entre les mains des Russes. La voie aura la largeur de la voie russe.

La longueur de la ligne de Onone à Nikolskoë est évaluée à 2050 *km*, dont 450 en Transbaïkalie, 1520 en Mandchourie et 80 dans la Sibérie côtière; elle aboutit directement à la mer du Japon et présente un raccourci de 550 *km* sur le tracé par tout territoire sibérien.

Le chemin de fer de l'Est Chinois se détache à Onone, près de Strétensk, du chemin de fer Transbaïkalien, franchit l'Agrun, qui forme la frontière chinoise, puis la montagne de Chingan où il atteint la cote 750, remonte la vallée du Tschol, suit le cours de la Nonni, puis de la Soungari, traverse la grande muraille à Ghirin, 150000 habitants, passe par Khaïlar, Tsitsikhar, Ashi-ho, Wingouta, repasse la frontière chinoise près de Poltonka et rejoint à Nikolskoë le chemin de l'Oussouri.

La dépense est estimée à 175 millions de francs; il est à craindre qu'elle ne soit plus forte; les passages de montagne seront difficiles, de plus, la traversée des plaines marécageuses de la Mandchourie, coupées par de grands cours d'eau, dont le régime est très irrégulier, nécessitera des ouvrages d'art considérables.

Le premier jalon a été planté le 28 août 1897; on espère terminer les travaux en cinq ou six ans.

8. — *Embranchement d'Irkoutsk au lac Baïkal.* — L'embranchement d'Irkoutsk au lac Baïkal n'a que 68 *km* de longueur, il suit la rive gauche de l'Angara jusqu'à Listvinitchnaïa, sur le lac Baïkal, dont le niveau est à 400 pieds au-dessus de celui d'Irkoutsk. Cette ligne a été construite dans le but de ne pas attendre l'achèvement du chemin de fer de ceinture du lac Baïkal, pour avoir une communication par rails à travers tout le continent sibérien.

L'embranchement est presque terminé et, en attendant l'achèvement du chemin de fer contournant le lac, le service se fera entre les deux rives au moyen de pontons brise-glaces analogues à ceux qui circulent entre les îles danoises et le continent. Le pon-

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ton peut recevoir, hiver comme été, 25 voitures à voyageurs ou wagons à marchandises, plus la locomotive, en tout 500 tonnes. Il a été commandé, en Angleterre, aux ateliers Armstrong, à Elswick.

C'est aux ateliers Armstrong qu'a été construit le premier grand navire brise-glaces, le *Iermak*, destiné à fendre la couche de glace recouvrant la mer et à rendre possible l'accès de ports qui jusque-là restaient bloqués pendant l'hiver.

On se propose même d'appliquer ce système à l'ouverture d'un chenal dans la glace de la mer de Kara, de manière à pouvoir atteindre les embouchures de l'Ob et de l'Iénisséi.

Le *Iermak*, construit sur les dessins du vice-amiral Makaroff, a 92,97 *m* de longueur, 21,64 *m* de largeur et 12,96 *m* de profondeur. Dans sa première campagne, hiver de 1898-99, il a brisé des couches de glace présentant jusqu'à 2,44 *m* d'épaisseur; dans une couche de 0,838 *m*, il avance à la vitesse de 8,50 *km* à l'heure; il fait encore 3,2 *km* avec une épaisseur de 1,219 *m*. C'est avec un pareil engin que l'on se propose de traverser le lac Baïkal pendant l'hiver. La dépense est évaluée à 10 millions de francs; on compte franchir en trois heures les 60 *km* compris entre le port de Lisvinitchnaïa et l'embouchure de la Myssovokaïa sur le rive orientale.

Le bâtiment aura 88,4 *m* de longueur, 17,4 *m* de largeur, le déplacement total sera de 4200 *t*. La machine doit être de la force de 3750 *ch*. On compte franchir des couches de 1 *m* d'épaisseur et, de cette façon, pouvoir naviguer pendant dix mois au lieu de sept. Le service commencera au printemps de 1900.

Lorsque la glace sera trop épaisse pour être brisée par le bateau et présentera une résistance suffisante, la communication entre les deux rives sera établie au moyen d'un petit chemin de fer électrique posé sur la glace elle-même.

Les frais d'établissement de cette partie de la ligne sont évalués à 100 000 *f* par kilomètre environ.

Chemins de fer projetés.

1. — *Ligne de la vallée de l'Amour* (2 134 *km*). — Cette ligne, destinée primitivement à relier le chemin de fer Transbaïkalien à celui de l'Oussouri, était comprise dans le programme d'ensemble de 1891 ; mais elle n'a encore fait l'objet que de reconnaissances superficielles, la construction présenterait de sérieuses difficultés; aux montagnes boisées succèdent des vallées profondes;

pendant l'hiver, il règne un froid intense; le printemps apporte des inondations redoutables; l'été, des émanations méphitiques se produisent; pour toutes ces causes, les contrées à traverser sont très peu peuplées; la concession de la ligne à établir sur le territoire chinois retardera longtemps l'exécution du chemin de fer de l'Amour.

Le trafic entre Strétensk et Khabarovsk devra donc se faire encore par l'Amour, l'été par bateaux à vapeur, l'hiver au moyen de traineaux.

L'Amour a une longueur totale de 4800 *km*, des profondeurs de 15 à 68 *m* et une largeur qui varie de 300 à 2150 *m*; il est navigable sur 3200 *km*, la pente moyenne est de 1/3500, soit un peu moins de 0,0003 par mètre.

2. — *Embranchement de Omsk à Sémipalatinsk* (770 *km*). — Sémipalatinsk, 20000 habitants, capitale de la province de ce nom, est un centre auquel viennent s'approvisionner de marchandises russes différents points de l'Asie centrale et du nord-ouest de la Chine.

3. — *Embranchement de l'Ob à Barnaul*, point central du riche district minier de l'Altaï.

4. — *Embranchement de Werchne Udinsk* par Seleginsk vers Kiachta, destiné à desservir les trois villes sœurs : Troitskovask, Kiachta et Maimatschin, dans lesquelles les commerçants russes échangent leurs tissus, fourrures et cuirs contre les soies et les thés du Céleste Empire. Le chemin de fer de l'Est Chinois enlèvera une grande partie du trafic des caravanes; néanmoins, Kiachtka restera un centre de relations avec la Mongolie et sa capitale Urga, 40000 habitants.

5. — *Embranchement de la Nonni à Blagovechtchensk*, destiné à relier Blagovechtchensk, capitale du territoire de l'Amour, 15000 habitants, à un point du chemin de fer de Mandchourie sur le cours de la rivière Nonni.

L'établissement de lignes complémentaires destinées à servir d'affluents et à augmenter le trafic propre du chemin de fer sibérien a fait aussi l'objet d'études très sérieuses, dans les directions indiquées ci-après :

1° *Ligne de Tchéliabinsk à Samara.* Ouverte le 25 octobre 1892, cette ligne forme le prolongement direct du chemin de fer sibérien et met celui-ci en relations directes avec les lignes princi-

pales et les grandes voies navigables de la Russie, ce qui facilite l'exportation des produits sibériens.

2° *Ligne de Tchéliabinsk à Kotlas.* — La section de Tchéliabinsk à Jekaterinenbourg et Perm, longueur 745 *km*, traverse la chaîne de l'Oural: elle est ouverte depuis le 1er décembre 1895; elle a coûté environ 54 millions de francs; le prolongement de Perm à Kotlas, destiné à rejoindre la Dwina dans sa partie navigable, est estimé à 100 millions de francs. Elle servira pour le transport des céréales de Sibérie jusqu'à la mer Blanche, notamment au port d'Arkangel.

3° *Ligne de Tjumen, Jekaterinenbourg, Nijni-Novgorod.* — La section de Tjumen à Jekaterinenbourg est construite depuis 1896, son prolongement jusqu'à Nijni-Novgorod mettra la Sibérie en relations avec la Russie centrale.

4° *Lignes complémentaires sur territoire chinois.* — Une ligne passant par Tientsin, Taku et Moukden doit relier Pékin à Ghirin, capitale de la Mandchourie. Moukden, 170 000 habitants, est la ville originaire de la dynastie Mandchoue ; c'est là qu'est déposé, dit-on, le trésor privé de l'Empereur, évalué à plus de soixante millions. Un embranchement de Moukden à Niutschuang et Port-Arthur mettra la Russie en communication avec le golfe du Petchili, et lui donnera ainsi un débouché sur la mer Jaune; une autre ligne rejoindra la Corée.

La longueur totale des lignes en exploitation ou dont la construction est, dès aujourd'hui, décidée, tant en Sibérie qu'en Mandchourie, s'élève à 7 639 *km*, dont le détail est donné par le tableau ci-dessous.

DÉSIGNATION DES LIGNES	DATE de l'ouverture effectuée ou projetée	LONGUEUR EN KILOMÈTRES	FRAIS DE CONSTRUCTION par kilomètre	DÉPENSE totale
Ouest Sib. (Tchéliabinsk, Krivosthekova (O. B.).	27 nov. 1896	1 423	97 500	139 500 000
Central Sibérien (O. B. Krasnoïarsk, Irkoutsk).	1897-98	1 831	146 750	268 750 000
Oussouri (Khabarovsk, Iman, Vladivostok) . .	13 sep. 1897	769	160 000	123 375 000
Transbaïkalien (Myssovokaïa, Strétensk). . . .	1899	1 100	181 250	199 250 000
Chemin de ceinture du lac Baïkal.	1904	311	200 000	62 500 000
Embranchement de Taïga à Tomsk	1896	87	82 500	7 125 000
Est Chinois (Onone, Nikolskoë).	1906	2 050	85 000	175 000 000
Embranchement d'Irkoutsk au lac Baïkal . . .	1900	68	97 500	6 616 250
TOTAUX ET DÉPENSE MOYENNE PAR KILOMÈTRE.	»	7 639	128 566	982 116 250

Après avoir résumé le plus brièvement possible les différentes phases de l'établissement du chemin de fer sibérien il convient de donner quelques indications sur les conditions techniques dans lesquelles a été exécutée cette œuvre gigantesque.

Il a été admis, comme principe fondamental, que la Ligne devait être construite dans des conditions tout à fait sérieuses, de telle sorte que l'on n'ait plus dans l'avenir que des travaux complémentaires à exécuter, d'après les besoins du trafic, mais sans avoir à recommencer tout le travail.

La ligne est à voie unique, l'écartement est celui de la voie russe, 1,525 *m*; les conditions du tracé sont les suivantes : en pays plat, déclivités de 6 à 8 0/00; courbes de 533 *m* de rayon ; dans les parties montagneuses, l'inclinaison peut atteindre 15 à 17,4 *mm* par mètre et le rayon minimum des courbes descendre à 320 *m*.

La largeur de la plate-forme en remblai est fixée à 5 *m* en général; dans les longs remblais d'une hauteur de plus de 4,26 *m*, dans tous les remblais dont la hauteur dépasse 6,39 *m*, ainsi qu'à la traversée de marais importants, la largeur est portée à 5,55 *m*; en déblai, la plate-forme n'a que 4,80 *m* de largeur.

La pente normale des talus de remblai et de déblai est de 1 1/4.

Sur une longueur de 10 *m* en avant des grands ponts, le remblai du chemin de fer est élargi de 0,53 *m*. Par suite de la rareté de la main-d'œuvre, on a fait un grand emploi de machines à terrassement de provenance américaine.

Le passage des eaux sous le chemin de fer est assuré, suivant les circonstances, au moyen de tubes en fer d'environ 1 *m* de diamètre, de dalots en maçonnerie dont la largeur varie de 1,06 *m* à 3,19 *m*, enfin de ponts en charpente lorsque la nature du sol le permet.

Pour la traversée des cours d'eau importants on emploie des ponts métalliques.

Le grand pont de 900 *m* sur l'Iénisséi est un ouvrage des plus remarquables; il a coûté plus de dix millions de francs. Ce pont comprend six travées principales de 142,20 *m* de portée chacune, et deux travées d'accès de 21,30 *m*. La profondeur du fleuve varie de 21 à 32 *m* au-dessous du niveau moyen des eaux. La différence de niveau entre les hautes eaux et les basses eaux varie de 8,30 *m* à 9,50 *m*.

La hauteur des grandes poutres atteint 21,50 *m* au point culminant. Les piles ont été fondues au moyen de caissons en bois, système Knorre.

Des pare-neige ont été posés sur une longueur de 1 122 *km*.

Superstructure. — Sur la ligne principale de Sibérie-Mandchourie, 6 620 *km*, et sur les embranchements, 1 008 *km*, la voie est constituée au moyen de rails Vignole de 8,50 *m* pesant 24,57 *kg* par mètre courant et reposant sur 12 traverses en bois, de 2,45 *m* de longueur. La couche de ballast a 0,27 *m* d'épaisseur en dessous du patin du rail et 2,77 *m* de largeur en couronne.

Les passages à niveau ne sont pas gardés, sauf dans la traversée des villes ou des centres de population importants.

Les constructions sont très simples et se rapprochent autant que possible des types en usage dans les différents pays traversés.

Les bâtiments de recettes, en bois ou en maçonnerie, sont établis d'après les besoins actuels et là seulement où l'importance de la circulation ou l'obligation d'établir un buffet les rendent nécessaires. Partout ailleurs, on s'est borné à construire des habitations destinées au logement du personnel, en réservant seulement quelques pièces au service des voyageurs.

Les bâtiments affectés au personnel des stations et aux gardes de la voie sont en bois, sur pilotis ou fondation en maçonnerie. Les trottoirs sont constitués généralement au moyen d'une masse de sable placée entre deux parois de bois et recouverte d'une couche de bitume ; on accède aux bâtiments par un escalier en planches. Les dépôts et ateliers sont en maçonnerie avec toiture en charpente recouverte de zinc.

Les machines sont du système Compound à quatre essieux. Les voitures à voyageurs de 2e et 3e classe sont à deux ou trois essieux ; les voitures-poste et cellulaires, les fourgons, les wagons à marchandises, couverts ou découverts, n'ont que deux essieux. Il faut citer un wagon-église destiné à assurer le service du culte dans les stations où il n'existerait encore aucune église par suite de la rareté de la population. En 1894, une caisse spéciale fut instituée par l'Empereur Alexandre III pour la création d'églises et d'écoles ; au 1er janvier 1899, le compte avait atteint la somme de 896 000 roubles et 138 églises avaient été construites.

Le matériel roulant comprend le nombre de véhicules nécessaire pour former sept doubles rames de soixante essieux chacune par vingt-quatre heures sur la section de Tchéliabinsk à Omsk, et de trois doubles rames entre Omsk et Krasnoïarsk.

Les machines brûlent une houille de bonne qualité que l'on trouve dans le voisinage du chemin de fer. L'intervalle entre deux stations consécutives varie, comme il a été dit plus haut, de 35 à 53 *km*, ce qui permet d'assurer un service à trois trains par jour

dans chaque sens; pour pouvoir porter ce nombre à sept on a ménagé, entre les stations, des paliers permettant d'établir des voies d'évitement.

Sur certains parcours la population est tellement clairsemée qu'il n'y avait aucune appellation géographique à donner aux stations; aussi certaines d'entre elles ont-elles reçu les noms de propriétaires d'agglomérations voisines de paysans ou de cosaques, ou même ceux d'Ingénieurs qui s'étaient distingués dans l'exécution des travaux.

Pour assurer l'alimentation des machines en eau, des réservoirs ont été placés tous les 53 *km*, en général; en cas de besoin, des réservoirs de secours peuvent être établis entre deux stations.

L'eau provient des sources, des lacs, ou enfin de puits artésiens; dans ce dernier cas, elle est purifiée chimiquement, puis filtrée.

Le personnel employé à la construction de la ligne comprenait des ouvriers venus de la Russie d'Europe, des condamnés à la déportation et enfin des ouvriers indigènes. Pour les travaux d'art, on a eu recours aux Italiens, aux Belges, aux Polonais et enfin aux Coolies, sur la section chinoise.

Les matériaux nécessaires aux constructions ont été, autant que possible, pris sur place; mais les fers et le matériel roulant ont dû venir de loin; de l'Oural, de l'Altaï, de Nisahne Ubinsk, ils étaient transportés par le chemin de fer lui-même au fur et à mesure de l'avancement. Pour la ligne de l'Oussouri et la section orientale du Transbaïkal, il a fallu recourir aux transports maritimes et fluviaux.

Les longs et durs hivers de Sibérie ont rendu les travaux très difficiles, et obligé à des arrêts de plusieurs mois; dans la Sibérie occidentale et orientale, où le climat est plus doux, on pouvait travailler presque toute l'année; mais, au passage des monts Jablonoï, la température dépasse rarement, même en été, cinq degrés au-dessous de zéro, tandis que dans la Sibérie occidentale, les chaleurs sont très fortes.

Le passage des fleuves a nécessité de grands travaux. La longueur totale des grands ponts, pour la Sibérie seule, atteint 50 *km*, les terrassements ont jusqu'à 36 *m* de hauteur; on a défriché 16 000 *ha* de forêts vierges et il fallait, dans ces régions complètement désertes, apporter tous les objets nécessaires au ravitaillement des travailleurs.

Les travaux ont été dirigés par un état-major d'Ingénieurs russes.

La ligne télégraphique construite pour le service spécial du chemin de fer comprend 118 000 poteaux et 10 668 *km* de fil.

Il a été parlé plus haut des trains de voyageurs et mixtes qui assurent le service de la ligne; depuis le 2 avril 1898 circule en plus, deux fois par mois, un train de luxe offrant tout le confort moderne. Ce train est composé de six wagons à bagages, deux de seconde classe, un de première, un restaurant et un salon, soit en tout onze véhicules; il part de Saint-Pétersbourg le 2 et le 16 de chaque mois, et est très fréquenté; il parcourt en 60 h. 20 m. les 1 737 *km* de Tchéliabinsk à Tomsk, soit une vitesse moyenne de 28 *km* à l'heure, au lieu de 20 par les trains ordinaires. Le matériel du train de luxe est à intercommunication, éclairé à l'électricité, chauffé à l'eau. Le wagon-restaurant fournit des plats froids, du thé, du café, du vin; le dîner et le souper sont servis dans les stations désignées à cet effet. Le train comprend cependant une salle à manger; il y a, en outre, des cabinets de toilette et une salle de bains. Les compartiments sont à quatre places numérotées, chaque voyageur a la libre disposition d'une table pliante et d'une lampe électrique mobile; dans le wagon-salon se trouvent un piano, des tables de jèu, une bibliothèque, un fumoir, etc. Depuis l'ouverture de la section de Krasnoïarsk à Irkoutsk, le parcours du train de luxe a été prolongé jusqu'à cette dernière ville; on met douze jours de Moscou à Irkoutsk.

D'après une communication faite à l'assemblée de l'Union internationale des Chemins de fer par M. le prince Chilkow, ministre des Voies de communication de l'Empire de Russie, lorsque le chemin de fer sibérien sera terminé, on pourra faire le tour du monde en 33 jours, savoir :

Brême à Saint-Pétersbourg	1 1/2
Saint-Pétersbourg à Vladivostok (48 *km* à l'heure). .	10
Vladivostok à San Francisco (bateau à vapeur). . . .	10
San Francisco à New-York	4 1/2
New-York à Brême (bateau à vapeur).	7
TOTAL.	33

Actuellement il faut compter au moins 66 jours pour le trajet New-York - Southampton - Paris - Brindisi - Yokohama - San Francisco.

La ligne Nischny-Novgorod à Irkoutsk a été livrée à l'exploitation en septembre 1898; des correspondances par bateau à

vapeur vont être organisées sur la Chilka et l'Amour jusqu'à Khabarovsk.

Les prix de transport des voyageurs en troisième classe sont fixés comme suit :

De 1 à 181 *km* 1,4375 kopeck par werste, soit 0,0358 *f* par kilomètre.

De 182 à 320 *km* pour les 160 premières werstes, 171 *km*, 2,30 roubles ou 6,095 *f* par werste en plus de 160, 0,9 *km*, soit 0,0223 par kilomètre.

Au delà de 320 *km*, la tarification s'établit par zones, savoir :

De 321	à	533 *km*	8 zones de	26,7 *km*	chacune.
534	à	757	7 —	32	—
758	à	1 056	8 —	37,34	—
1 057	à	1 611	13 —	42,68	—

A partir du 1 611[e] *km*, la longueur des zones est fixée uniformément à 53,4 *km*.

On paie, pour la première zone, 24 kopecks, soit 0,64 *f* et pour chacune des suivantes, 20 kopecks, c'est-à-dire 0,53 *f*.

Le tableau ci-annexé indique les prix afférents à chaque coupure du tarif.

Les prix de la seconde classe s'élèvent à une fois et demie, ceux de la première à deux fois et demie les prix de la troisième classe. Le personnel d'exploitation est, pour la plus grande partie, recruté sur place et, pour avoir de bons cadres, on a créé des écoles techniques à Krasnoïarsk, Irkoutsk et Khabarovsk. Sur la ligne de l'Oussouri, on a envoyé un bataillon de chemin de fer.

Comme les forêts de la Sibérie renferment un assez grand nombre de vagabonds et de forçats évadés, un corps de police puissant doit veiller à la sécurité des trains et des petites stations isolées dans les bois. En outre, tout le personnel est armé. Le long de la ligne chinoise on a établi un cordon de postes de cosaques pour prévenir les incursions de bandes Mongoles.

La dépense totale avait été évaluée à un milliard de francs environ; mais, malgré toute l'économie avec laquelle l'entreprise est conduite, ce chiffre sera notablement dépassé.

La ligne principale Tchéliabinsk-Onone-Vladivostok à elle seule coûtera plus que la somme prévue; en y ajoutant les sections d'Onone à Strétensk et de l'Oussouri, l'embranchement de

Tomsk, les raccordements aux ports, on atteindra aisément 1 250 000 000 *f*.

Cette œuvre colossale, digne de l'immense Empire des Czars, conçue tout d'abord comme ligne stratégique, exercera une influence considérable au point de vue de la politique, de la civilisation et du commerce, en ouvrant au trafic du monde une immense étendue de territoires presque inconnus jusqu'ici, et en apportant à la mère patrie de nouvelles sources considérables de richesse.

Le nom seul de Sibérie causait un sentiment d'effroi en évoquant des idées de glace, de neige, de contrées sauvages sans limites; la déportation seule avait acquis à ce pays une triste célébrité. Un ordre de Cabinet du 18 mai 1899 a supprimé la déportation. Cette décision, due aux sentiments humains et généreux du jeune Empereur, peut être considérée comme un heureux présage en faveur du chemin de fer Sibérien qui va s'ouvrir au commencement du nouveau siècle.

Les richesses minérales de la Sibérie en or, platine, argent, plomb, mercure, cuivre, fer, manganèse, charbon, soufre, graphite, sel marin et sel gemme, chrôme, pétrole, etc., ainsi qu'en pierres précieuses, topaze, grenats, turquoise, etc., ne demandent qu'à être exploitées. Les produits du sol et ceux des forêts, les fourrures, soies, thés, le sucre, le bétail sur pied, les viandes abattues, les volailles, le beurre, les poissons de toutes sortes, viendront aussi contribuer au développement du trafic russe sur cette ligne commerciale qui réunit la mer Baltique à l'océan Pacifique et qui remplit les conditions nécessaires non seulement pour la colonisation, mais aussi pour la mise en valeur des produits naturels et le développement commercial de la Sibérie.

La production annuelle de la Sibérie en céréales est évaluée actuellement à 2 700 000 *t;* dès l'été et l'automne de 1898, 500 000 *t* ont été expédiées sur la Russie d'Europe, grâce à l'ouverture des premières sections du chemin de fer sibérien.

La mise en exploitation de cette ligne exercera certainement une influence considérable sur le commerce du monde entier; elle constituera, en effet, la voie la plus courte entre l'Europe et les pays d'Extrême-Orient dans lesquels existent dès aujourd'hui plus de deux mille grandes maisons de commerce sans parler des tanneries, savonneries, stéarineries, fabriques de cristaux, de porcelaines, de machines, d'allumettes, huileries, distilleries, brasseries, etc.... La situation de l'Angleterre en Chine, jadis pré-

pondérante, est amoindrie, et de nouvelles relations politiques et économiques s'établiront entre l'Europe, l'Asie et l'Amérique.

Le ministre des Finances de Russie a fait une déclaration de très haute importance. Le ministre est opposé au système protecteur; les produits des industries étrangères pourront entrer en Sibérie, et même un grand nombre d'entre eux seront admis en franchise par l'embouchure de l'Ob ou de l'Iénisséi. Une libre carrière est ainsi ouverte aux capitaux, aux négociants et aux industriels étrangers qui trouveront en Sibérie un large champ d'action.

L'importance du chemin de fer Sibérien va s'accroître encore à bref délai par la construction de lignes d'embranchement reliant la section chinoise à Moukden, Nion-Tchouang et Tientsin, puis aux deux grands ports libres de glaces, Port-Arthur et Talien-wan, pris à bail pour 25 ans par la Russie en vertu du traité des 15/27 mars 1898, et enfin à la presqu'île de Corée. Une partie considérable de l'Empire Chinois se trouvera ainsi pourvue de voies commerciales; de plus, la Russie a obtenu des concessions minières et industrielles qui amèneront de nouveaux éléments de trafic.

L'Angleterre a bien cherché à protester contre ces dispositions, mais n'a pas réussi à les faire modifier.

Le chemin de fer sibérien est une entreprise aussi hardie qu'intéressante au point de vue technique; en supposant une vitesse de 30 *km* à l'heure seulement pour le parcours de Tchéliabinsk à Vladivostock, on arrivera au Japon en quinze jours et à Shangaï en vingt jours, alors que, de ce dernier point, il faut actuellement trente-cinq jours par San Francisco et quarante-cinq par le canal de Suez, pour atteindre l'Europe.

Le Gouvernement russe vient d'entamer des négociations avec la Suède et la Norwège pour relier les lignes sibériennes au réseau suédois par un service de bateaux à vapeur sur la Baltique et obtenir ainsi une voie de communication directe entre la Chine et la Sibérie d'une part, la Suède, la Norwège, puis le Canada et l'Amérique du Nord, d'autre part.

D'après l'état d'avancement des travaux en cours, il est permis de penser que cette œuvre colossale de la construction du chemin de fer sibérien sera complètement achevée au commencement du xxe siècle, et constituera un monument impérissable à la gloire de nos collègues les Ingénieurs russes.

M. Ziffer, auquel nous avons communiqué le travail ci-dessus, a bien voulu nous le renvoyer avec son approbation et y ajouter la note complémentaire suivante :

« En février 1900, on a fait les premiers essais du bateau brise-glaces (1) : Baïkal, sur le lac Baïkal, dénommé aussi mer Sibérienne. La glace avait une épaisseur propre de 0,775 *m* et était recouverte, en outre, d'une couche de neige glacée atteignant jusqu'à 1,05 *m;* elle a été rompue sans trop de difficultés, la vitesse de marche du brise-glaces a varié de 4 à 16 *km* à l'heure, le corps du bâtiment ainsi que la machine ont eu de violents chocs à supporter et n'ont cependant point subi d'avaries. Un service continu pourra donc être établi sur le dit lac.

On pense pouvoir livrer à l'exploitation, cet été, la ligne réunissant le lac Baïkal à Strétensk sur le Chilke, affluent du fleuve Amour; un service de bateaux installé sur la rivière et le fleuve permettra de se rendre de l'océan Atlantique à la mer Jaune en traversant l'Asie par chemin de fer et voie d'eau.

L'exécution du chemin de fer de Mandchourie se poursuit activement par les soins des troupes russes de chemin de fer aidées de nombreux ouvriers. »

Nous trouvons enfin dans le *Journal de Saint-Pétersbourg*, du 25 avril dernier, les indications suivantes au sujet des transports effectués, jusqu'à ce jour, sur les lignes de Sibérie.

Pour trois mois de l'année.	Voyageurs.	Marchandises.		
—	—	Pouds	—	kg
1895. . . .	211 000	3 560 000	soit	58 312 800
1896. . . .	417 000	11 433 000	—	187 272 540
1897. . . .	600 000	27 485 000	—	450 204 300
1898. . . .	1 049 000	43 371 000	—	710 416 980
1899. . . .	1 075 000	40 759 000	—	667 632 420

Parmi les marchandises exportées de Sibérie, la première place appartient aux céréales, 42 0/0 de l'exportation (totale); viennent ensuite les produits de l'élève de bétail, viande, volaille, beurre, pour le marché de Londres, suif, peaux, laine,

(1) On peut voir à l'Exposition Russe du Trocadéro un modèle de ce bateau. On y trouvera également de nombreux et fort intéressants documents concernant le chemin de fer transsibérien.

œufs, etc. Comme chargement de transit, il faut citer en premier lieu le thé, qui a donné, en 1890, 2 230 000 pouds, soit 36 527 400 *kg*.

A l'importation se trouvent le fer brut et ouvré, le sucre, les machines, le pétrole et divers objets manufacturés.

En 1899, le tonnage des marchandises transportées a légèrement fléchi ; cette différence peut provenir d'une récolte moins favorable. Par contre, le mouvement des voyageurs continue à augmenter, et il est certain que les chiffres ci-dessus permettent d'espérer, dès maintenant, un bel avenir pour le chemin de fer de Sibérie.

Chemin de fer de Sibérie.

Prix du voyage en 3e classe.

DISTANCES		PRIX		DISTANCES		PRIX	
partielles	totales	partiels	totaux	partielles	totales	partiels	totaux
km	*km*	*f*	*f*	*km*	*km*	*f*	*f*
181	181	6,46	6,46	report	1 056	report	26,37
171	252	6,09	12,55	42	1 098	0,53	26,90
68	320	1,52	14,07	42	1 140	0,53	27,43
26	346	0,64	14,71	42	1 182	0,53	27,96
26	372	0,53	15,24	42	1 224	0,53	28,49
26	398	0,53	15,77	43	1 267	0,53	29,02
27	425	0,53	16,30	43	1 310	0,53	29,55
27	452	0,53	16,83	43	1 353	0,53	30,08
27	479	0,53	17,36	43	1 396	0,53	30,61
27	506	0,53	17,89	43	1 439	0,53	31,14
27	533	0,53	18,42	43	1 482	0,53	31,67
32	565	0,53	18,95	43	1 525	0,53	32,20
32	597	0,53	19,48	43	1 568	0,53	32,73
32	629	0,53	20,01	43	1 611	0,53	33,26
32	661	0,53	20,54	53	1 666	0,53	33,79
32	693	0,53	21,07	53	1 719	0,53	34,42
32	725	0,53	21,60	53	1 772	0,53	34,95
32	757	0,53	22,13	»	»	»	»
37	794	0,53	22,66	»	»	»	»
37	831	0,53	23,19	»	»	»	»
37	868	0,53	23,72	»	»	»	»
37	905	0,53	24,25	»	4 000	»	57,23
37	942	0,53	24,78	»	»	»	»
38	980	0,53	25,31	»	5 000	»	67,23
38	1 018	0,53	25,84	»	»	»	»
38	1 056	0,53	26,37	»	6 000	»	77,23

Observations. — **Pour l'établissement de ce tableau, la werste a été comptée pour 1,067** ***km*****; le rouble, pour 2,65** ***f.***

Les prix de la 2e classe s'élèvent à une fois et demie ceux de la 3e; les prix de la 1re classe s'élèvent à deux fois et demie ceux de la 3e.

ANALYSE D'UNE NOTE

INSÉRÉE DANS LE BULLETIN

DE LA

UNION INDUSTRIAL ARGENTINA

(Mars 1900)

PAR

M. A. LAVEZZARI

Le bulletin de la Société du mois d'août 1899 contient une note de M. J. Courau sur les traverses de chemins de fer en bois de Québracho. Les renseignements qu'elle renferme sont, comme le dit l'auteur, extraits en grande partie d'un travail publié par l' « Union Industrielle Argentine ».

M. Courau expose les qualités du bois de Québracho et se trouve sur ce point entièrement d'accord avec l' « Union Industrielle Argentine » ; par contre il conteste les prix de revient indiqués par cette dernière et les trouve fortement majorés ; il les corrige donc suivant son opinion et conclut en ces termes :

« Elles (les traverses en québracho) reviendraient alors, ren-
» dues en Europe, à 6 *f* pour la voie large et 4,50 *f* pour la voie
» étroite.

» Ces prix sont comparables à ceux de nos traverses prépa-
» rées, mais fussent-ils même sensiblement supérieurs, il ne
» faudrait pas perdre de vue qu'ils représentent le coût d'une
» traverse de grand poids et d'une durée que l'on peut qualifier
» d'indéfinie. »

M. Courau est donc absolument favorable à l'emploi des traverses de québracho, mais l' « Union Industrielle Argentine » s'est émue de ses observations sur ce qu'il appelle « la surcharge des prix indiqués » par cette dernière ; elle s'en est émue surtout, dit la note parue dans son bulletin parce que le travail a été publié en France sous le patronage de la Société des Ingénieurs Civils de France et qu'un tirage à part en a été fait par les soins

de cette dernière (c'est du moins l'origine attribuée par l'Union industrielle à ce tirage à part).

Aussi les décisions suivantes furent-elles prises dans la séance du lundi 12 mars 1900.

1° Publier dans le Bulletin de l'Union la lettre de MM. Urdaniz et Cie qui répond à la note de M. Courau et la communiquer au Président de la Société des Ingénieurs Civils de France afin qu'elle parvienne à la connaissance des personnes que la question intéresse.

2° Autoriser le Président à publier une seconde édition en français de la brochure sur les traverses en québracho, augmentée des nouveaux chiffres connus (cette brochure n'est pas en ma possession).

Enfin, une lettre fut envoyée au Ministère de l'Agriculture de la République Argentine pour le mettre au courant du développement pris dans certains pays d'Europe par les essais des traverses de québracho, et obtenir un abaissement des droits d'entrée, en France notamment, où les droits d'entrée constituent un obstacle sérieux à ce commerce.

Chez nous, par exemple, les droits de douane représentent 1,23 *f* et les droits de décharge 0,15 *f* par traverse ; le ministre est prié de vouloir bien intervenir pour obtenir une diminution des droits d'entrée.

Voici maintenant un résumé de la réponse de MM. Urdaniz et Cie à la note de M. Courau. On verra en la lisant que ces messieurs s'appliquent à démontrer que les traverses en bois de Québracho coûteront sensiblement plus cher que le prix auquel les estime M. Courau et qu'elles atteignent bien la valeur qui leur avait été attribuée dans la note primitive de l' « Union Industrielle Argentine ».

Comme le but que s'est proposé cette Société est en somme de favoriser l'exportation des traverses en québracho, une rectification de ce genre fait le plus grand honneur à leur délicatesse commerciale puisqu'elle pourrait avoir un résultat absolument contraire au but poursuivi.

Les auteurs citent d'abord avec dates à l'appui, et en indiquant le nom des acheteurs, des ventes de « rollizos » au prix de $ m. 22,50 sur wagon à Colastiné ce qui correspond à $ m. 28 à Buenos-Ayres ; des poutres à $ m. 36 la tonne ou $ m. 48 le mètre cube, puis d'autres ventes pour l'Italie à $ m. 22 la tonne

et des poutres à $ m. 30 la tonne ou $ m. 40 le mètre cube, et ce n'est qu'exceptionnellement, disent-ils, qu'on est descendu aux prix qu'ils avaient indiqués dans leurs précédentes notes soit $ m. 21, les rollizos $ m. 36.50 les poutres.

En ce qui concerne les traverses, le prix de $ m. 4 la pièce rendue à bord à Riachuelo et à $ m. 4,50 à bord Bahia-Blanca sont ceux payés par la Compagnie du Chemin de fer du Sud.

Les auteurs comparent ensuite les poids des traverses employées dans la République Argentine avec celles que nous employons en France.

Les traverses des chemins de fer argentins à voie large (1,676 *m.*) ont 2,74 *m* de longueur sur 0,24 *m* de large et 0,112 *m* d'épaisseur, elles pèsent 110 *k* en moyenne tandis que les traverses à voie normale française qui ont 2,60 *m* de longueur sur 0,26 *m* de largeur et 0,13 *m* d'épaisseur au minimum pèseraient en québracho 123 *k* et même plus encore pour celles du P.-L.-M. dont les derniers échantillons ont 2,60 × 0,21 × 0,15 *m*.

D'où il résulte que les traverses françaises, bien qu'elles s'appliquent à une voie moins large qu'à la République Argentine pèseraient plus lourd que ces dernières.

M. Courau aurait donc tort de dire que les traverses employées en Amérique sont, par suite de la largeur de la voie, « énormes » comparées aux nôtres.

Je remarque, en passant, que ce mot « énormes » paraît avoir singulièrement froissé nos collègues transatlantiques et je crois que nous pouvons sans arrière-pensée leur accorder la satisfaction de reconnaître que les nôtres cubent plus, d'autant que je ne vois pas bien en quoi cette constatation peut influencer favorablement l'importation ici des traverses de québracho ; au surplus ces messieurs ajoutent aussitôt, qu'ils ont conseillé à nos Compagnies de diminuer les dimensions de leurs traverses à 2,50 *m* de longueur sur 0,20 *m* de largeur et 0,10 *m* d'épaisseur, mais ils disent avec quelque apparence d'amertume que la Compagnie du Chemin de fer du Nord Français leur a répondu dernièrement qu'elle ne consentirait pas à essayer des traverses n'ayant pas les dimensions 2,60 × 0,26 × 0,13 *m* de son type courant.

MM. Urdaniz et C[ie] exposent encore que, si la Compagnie française du Chemin de fer de Santa-Fé n'a pas payé ses traverses plus de 1.50 *f*, c'était au lieu de production, ce qui correspond bien à 1.80 *f* après transport.

En ce qui concerne le transport, la note explique que les traverses du type français coûtent $ m. 1.70 pièce au minimum sur le réseau argentin, auquel il faut ajouter le port par mer 3.75 *f*.

En terminant, ces messieurs estiment que les traverses rendues en France reviendraient à 11.50 *f* la pièce et ils pensent que même à ce prix nos Compagnies auraient avantage à les employer parce qu'elles dureraient de trente à quarante ans tandis que les traverses françaises ne durent que de sept à dix ans.

En somme la conclusion est la même que celle de M. Courau, mais présentée toutefois sous un jour moins favorable.

J'aurais personnellement deux observations à présenter à cette note.

La première relative aux dimensions des traverses ; nos Collègues, en effet, prétendent que nous pourrions réduire le poids des traverses et font ressortir avec une apparence de raison que le matériel roulant de la République Argentine est plus lourd que le nôtre et que les traverses sont suffisantes ; il y a cependant un facteur important qui doit intervenir, c'est la vitesse, et il semble que les vitesses usitées ici doivent exiger une plus grande stabilité de la voie d'où la nécessité d'avoir des traverses lourdes.

D'autre part, en ce qui concerne la durée, pourrait-on réellement utiliser les traverses pendant trente ou quarante ans et n'y a-t-il pas lieu de craindre que les remaniements de la voie, et notamment les changements d'attaches du rail n'obligent, à mettre les traverses au rebut avant ce délai ?

Dans ce dernier cas, la différence de prix annoncée par MM. Urdaniz et Cie, si elle est réelle, deviendrait un obstacle réel à l'emploi des traverses de québracho en Europe ou tout au moins en France.

ANALYSE DE LA RÉPONSE

DE

M. COURAU

A LA NOTE DU BULLETIN

DE LA

UNION INDUSTRIAL ARGENTINA

(Mars 1900)

Notre Collègue M. Courau a adressé à M. le Président de l'Union Industrielle Argentine deux lettres en réponse à la note que j'ai analysée précédemment.

Dans la première il annonce que le prix de $ m. 1,50 sur chantier qu'il avait fixé pour la voie de 1 *m* est encore baissé et que les dernières opérations ont eu lieu au cours de $ m. 1,30 et 1,20.

Quant à la traverse normale française, on discuterait actuellement un traité à passer entre une importante Compagnie française et un producteur argentin au prix de $ m. 2,45 à Colastine, le seul empêchement à la conclusion de l'affaire résidant dans l'augmentation du prix de fret dû à la guerre du sud de l'Afrique ; on peut encore citer, dit M. Courau, un marché passé à $ m. 2,20 sur wagon, dans un chantier dont le fret jusqu'à Colastiné correspond à $ m 0,60 environ.

Dans la seconde lettre, M. Courau, tout en laissant de côté les attaques d'un caractère un peu personnel (que j'ai moi-même passées à dessein dans mon analyse), répond plus longuement à MM. Urdaniz et Cie.

Tout d'abord il expose que le poids de 123 *kg* de la traverse française en québracho a été calculé par ses contradicteurs en partant d'une densité de 1 400 et en prenant les dimensions les plus grandes de $2,60 \times 0,26 \times 0,13$ *m* donnant un cube de 0,878 m^3 ; mais si on prend les dimensions minimum de $2,60 \times 0,22 \times 0,12 = 0,686$ m^3 accepté par une Compagnie, et si on tient compte que la densité de 1 400 est tout à fait exceptionnelle et qu'on ne doit admettre comme moyenne que 1 300, on arrive au poids de

114 *kg* et à 65 *kg* seulement avec les dimensions que MM. Urdaniz et Cie voudraient voir adopter.

M. Coureau relève ensuite quelques contradictions dans les prix présentées par ces messieurs; puis il conteste les prix qu'ils indiquent du transport des chantiers à Colastiné en faisant remarquer qu'ils ont tablé sur une distance moyenne de 365 *km* alors qu'en réalité 36 0/0 seulement de la production de 1898 viennent d'une région aussi éloignée et que le reste n'a eu à parcourir que 200 à 286 *km*.

Enfin, M. Courau termine par quelques considérations sur le fret d'Amérique en Europe et sur le change à la suite desquelles il maintient intégralement tous ses dires précédents.

De son côté M. le Président de l'Union Industrielle a demandé à deux maisons d'importation les prix actuels des traverses de québracho et celles-ci ont répondu :

1° « Freisz et Cie » :

$ m. 3 sur wagon à Colastiné ;
3,70 à Buenos-Ayres,

et, en Allemagne, 9 marks 55 au change de 227.

2° « Portalis et Cie » :

les traverses de 2,70 × 0,12 × 0,24
à bord dans la baie du Riachvelo, $ m. 3,80.

En somme, ces différences d'appréciation paraissent être e résultat normal de la lutte entre le consommateur et le producteur; M. Courau, qui est consommateur en tant que Directeur général du chemin de fer de Santa-Fé, ne retient volontiers que les arguments qui tendent à baisser le prix de la traverse tandis que les producteurs s'en tiennent à ceux qui doivent augmenter la valeur de leur marchandise.

La seule conclusion à en tirer est que les Compagnies françaises qui veulent faire usage des traverses de québracho doivent, comme c'est d'ailleurs leur habitude, je crois, faire un large appel à la concurrence limitée entre les producteurs donnant toute garantie au point de vue de la qualité, et elles s'en trouveront certainement très bien à tous points de vue.

TRANSFORMATION

DE LA

FABRICATION DU SUCRE EN FRANCE

DEPUIS LA LOI DE 1884

PAR

M. P. HORSIN-DÉON

La production de l'industrie sucrière en France, en sucre et produits secondaires, est d'environ 250 millions de francs.

Si l'on songe que l'industrie houillère ne donne en argent que 240 millions, et celle du fer 220 millions, on voit que la sucrerie peut être placée au rang des grandes industries françaises.

Si l'on ajoute qu'elle emploie 65 000 ouvriers dans les usines, 110 000 dans les champs, qu'elle nourrit 100 000 bœufs avec ses résidus, on voit que l'économiste ne doit pas se désintéresser de son étude.

Enfin nos usines emploient 75 000 *ch*, et leur matériel a une valeur de plus de 200 millions. Ces chiffres ne suffisent-ils pas pour attirer l'attention des Ingénieurs?

Quant au Trésor, la sucrerie lui rapporte 170 millions. Aussi le fisc a-t-il sur elle l'œil tourné avec une telle vigilance que ses moindres actions sont épiées et surveillées avec la plus grande rigueur.

Le sucre, en effet, paie un impôt à peu près double de la valeur du produit fabriqué. Aussi le moindre changement dans l'assiette de l'impôt a-t-il une énorme répercussion sur les méthodes de travail, comme nous allons le voir, et chaque changement dans le mode d'impôt est-il suivi d'une modification correspondante dans la marche du travail, et, par conséquent, accompagné d'une transformation parallèle dans le matériel des usines.

Le mode d'impôt qui paraît le plus simple, à première vue, c'est celui qui serait prélevé sur le produit fabriqué, sur le sucre par conséquent. Ce fut en effet longtemps ainsi que le fisc imposa la Sucrerie française.

Mais en réfléchissant que le sucre se fabrique dans les champs et non dans l'usine, que c'est la matière première, la betterave, qui est la véritable richesse de l'industrie, les législateurs s'aperçurent que, dans le mode d'impôt sur le produit fabriqué, beaucoup de sucre lui échappait, soit dans les résidus, soit dans les pertes de fabrication, et alors on en vint à imposer la matière première, la betterave, proportionnellement à sa teneur hypothétique en sucre, ce que l'on nomme la *prise en charge*. Tel était le mode d'impôt de l'Allemagne.

En Belgique, au lieu d'imposer la matière première proprement dite, on a trouvé plus simple de faire la prise en charge sur le jus sucré extrait de la betterave. Le jus est alors mesuré très exactement sous l'œil vigilant de la régie, sa densité prise, et la prise en charge est calculée par degré de l'aréomètre.

En Autriche, aussi bien qu'en Russie, pendant longtemps on imposa les sucreries d'après la capacité des appareils d'extraction.

Tous ces modes d'impôt ont leurs inconvénients. Inutile de dire qu'ils n'ont aucun avantage, l'*exercice* étant toujours une gêne et une charge pour toutes les industries. Mais suivant que l'impôt est plus ou moins bien appliqué, l'industrie est prospère ou bien elle souffre, et la France en a fait, avant 1884, la douloureuse expérience.

Voyons donc quelle est l'influence de ces différents modes d'impôt sur la fabrication du sucre.

Disons d'abord que le plus favorable à la fabrication fut celui adopté dès le début par l'Allemagne, l'impôt sur la betterave.

En effet le fabricant a, dans ce cas, tout intérêt à acheter de la betterave riche en matière sucrée, dans l'espoir d'extraire le plus de sucre possible, de manière à ce que l'impôt se répartisse sur la plus grande quantité de sucre extrait de la racine. Si l'on impose par exemple la betterave pour 10 0/0 de sucre, et que le fabricant en retire 12 0/0, il a 2 0/0 d'*excédent*, et l'impôt est alors moins lourd pour lui, puisque ces 2 0/0 ne sont pas imposés. Donc l'achat de betteraves riches est une des premières conséquences de ce mode d'impôt, et par conséquent aussi le perfectionnement indispensable dans les méthodes agricoles.

Mais le fabricant, pour avoir la betterave le plus riche possible, doit donner des primes aux cultivateurs, surpayer la betterave proportionnellement à sa teneur en sucre ; donc bénéfice pour le cultivateur.

Enfin, lorsque la betterave est dans l'usine, tous les soins du chef de fabrication tendent à en extraire le plus de sucre possible, à épuiser les résidus, éviter les pertes, diminuer la quantité de mélasse; donc perfectionnement dans le mode de travail.

Et c'est ainsi que, sous cette législation bien entendue, la culture en Allemagne fut, au bout d'une dizaine d'années, la plus belle de toute l'Europe, tandis que la fabrication progressait à vue d'œil sous l'impulsion d'hommes de science éminents qui ne dédaignaient pas de mettre tout leur savoir à la disposition de la Sucrerie et de l'Agriculture, ce pourquoi d'ailleurs ils étaient largement rétribués.

En Autriche aussi la fabrication du sucre a marché à pas de géants, parce que l'impôt sur la capacité des appareils d'extraction avait fait adopter de suite la diffusion. Les fabricants étaient vite arrivés à couvrir largement leur prise en charge, puis à la dépasser tellement que les exédents étaient considérables. Et le fisc avait beau augmenter la prise en charge, les fabricants trouvaient toujours moyen de travailler plus de betteraves avec les mêmes appareils. De cette course au clocher entre les rigueurs du fisc et l'habileté des fabricants, résulta une grande perfection dans l'art de fabriquer le sucre de betterave.

Mais pour travailler vite, il fallait faire passer beaucoup d'eau sur la betterave dans les diffuseurs, et les jus étaient très légers. Aussi les méthodes d'évaporation économique des jus se répandirent-elles beaucoup plus vite en Autriche que dans les autres pays; et d'autre part l'Allemagne qui, contrairement à l'Autriche, tirait des jus denses de ses diffuseurs, resta toujours en arrière sous le rapport des appareils d'évaporation, sur toutes les autres nations.

On voit déjà par ces quelques exemples l'influence du mode d'impôt sur le matériel de sucrerie.

Examinons maintenant ce qui se passait en France pendant que progressait ainsi l'industrie sucrière en Allemagne et en Autriche.

La culture de la betterave se fit d'abord en Allemagne, mais l'industrie du sucre de betterave est bien française. C'est Napoléon I[er] qui lui donna tout son essor lors du blocus continental. L'Allemagne et l'Autriche ne montèrent que plus tard des sucreries, profitant de nos essais et de nos perfectionnements, et évitant nos fautes, surtout en matière fiscale.

En effet, en France où l'impôt se prélevait sur le sucre fabriqué,

les usiniers tâchaient de faire du sucre le plus économiquement possible, sans rechercher la quintessence. Extraire le sucre des résidus coûte cher; aussi ne regardait-on pas trop à en perdre dans les pulpes, écumes et même mélasses. La betterave ? Il importait peu qu'elle soit riche pourvu qu'on ne la payât pas cher. Mais, parce qu'on ne la payait pas cher, le cultivateur tendait à en faire le plus possible sur son champ pour que celui-ci lui rapportât davantage, et bientôt la betterave s'appauvrit considérablement en sucre. Enfin, par surcroît, le prix du sucre était très élevé, on gagnait quand même beaucoup d'argent, qu'importait le reste?

Mais il arriva qu'un jour de grandes Sociétés se créèrent pour faire des sucreries, puisque c'était lucratif, et les sucreries se montèrent en grand nombre. Bientôt elles se firent concurrence, et, pour avoir de la betterave, payèrent le cultivateur plus cher que le voisin. Le prix de la betterave augmenta.

Puis l'Allemagne et l'Autriche, jadis tributaires de la France, produisirent à leur tour beaucoup de sucre, et le prix du sucre baissa.

Et, en 1884, nos fabricants se trouvèrent en présence d'une situation inextricable : matière première chère, produit fabriqué bon marché, méthodes de fabrication déplorables, ignorance complète, hommes de science faisant absolument défaut dans leurs usines. C'était la faillite !

A ce moment, M. Méline était ministre. Il s'enquit des causes du malaise de la sucrerie française, et, la comparant à la situation brillante des autres contrées européennes, il conçut le projet de donner à notre pays la même législation qu'à nos voisins d'outre-Rhin.

En 1884, M. Méline fit voter la loi de l'impôt sur la betterave. Les résultats ne se firent pas attendre. En trois ans la culture betteravière se trouva soudainement transformée. En trois ans, la France fit ce que l'Allemagne avait mis dix ans à réaliser, betteraves riches, fabrication placée entre les mains des chimistes, matériel de sucrerie élevé à la hauteur du progrès.

Les presses furent immédiatement remplacées par la diffusion, le noir animal disparut remplacé par la filtration mécanique, les résidus furent épuisés à fond, la fin du travail soignée aussi bien que le commencement. Les excédents alors surgirent abondants; la Sucrerie Française était sauvée !

Malheureusement, le fisc veillait ! Cette belle situation lui

montra qu'il pouvait pressurer encore la sucrerie, et il la pressura. Les bénéfices de la sucrerie, qui allaient beaucoup plus à l'agriculture qu'au fabricant lui firent envie. Une loi décréta l'impôt sur la moitié des excédents.

Ce fut l'agriculture qui en pâtit. Le prix de la betterave baissa du coup !

Mais petit à petit on se ressaisit de part et d'autre, les méthodes de fabrication s'améliorèrent encore, les lois se mirent aussi en équilibre avec les besoins, et aujourd'hui la situation est supportable.

La loi de 1884 a donc donné l'élan qui manquait à nos sucreries, et chaque année celle-ci se perfectionne, dépensant des sommes énormes pour transformer et toujours améliorer son matériel, suivant pas à pas le progrès fait chez nos voisins et le devançant même parfois, donnant l'exemple d'une émulation remarquable qui profite à tous, cultivateurs, fabricants, constructeurs, hommes de science et personnel ouvrier.

Après cet exposé économique, comparons les sucreries d'hier avec celles d'aujourd'hui, celles au moins qui sont à la tête du progrès, car il y a encore des retardataires auxquels leur situation locale ou pécuniaire impose des modifications lentes dans leurs usines. Mais ceux-là sont appelés à disparaître.

Le travail en sucrerie peut se classer en quatre grandes phases : l'extraction du jus de la betterave, son épuration, son évaporation à l'état de sirop, enfin la cristallisation du sucre et la séparation des cristaux des eaux-mères.

Le but de cette conférence n'étant pas de décrire les appareils de sucrerie, quoique cette description puisse intéresser en bien des points l'art de l'Ingénieur, nous devrons nous borner à en étudier l'ensemble au point de vue des progrès réalisés, renvoyant pour les détails à notre *Traité théorique et pratique de la Fabrication du Sucre de Betterave*, dans lequel nous avons essayé de faire la théorie de tous ces appareils, en nous servant des travaux nombreux, mais épars, qui ont été faits sur chaque question, et surtout des nôtres.

Il est remarquable, en effet, que les procédés de sucrerie, nés par l'intuition de leurs inventeurs beaucoup plus que par le calcul, ont été appliqués d'abord sans règle précise, les fabricants se basant sur les résultats acquis pour conduire leur travail, et longtemps personne ne songea à se demander le pourquoi de chaque chose.

Cependant, au bout de quelque temps, les Ingénieurs, les physiciens et les chimistes s'emparèrent de toutes ces questions, et petit à petit arrivèrent à déterminer les lois qui régissent toutes les opérations. C'est là le point capital sur lequel nous désirons attirer votre attention, et qui marque l'évolution complète de notre industrie, empirique d'abord, entièrement scientifique bientôt.

On pourrait s'étonner à bon droit de la lenteur des progrès scientifiques en sucrerie. Mais nous dirons qu'il en est de même dans toutes les industries agricoles et nous allons expliquer en quelques mots pourquoi.

Prenons, par exemple, l'extraction du jus de la betterave qui se fait maintenant exclusivement par *diffusion*. L'opération se passe dans une série de vases verticaux que l'on remplit de betteraves découpées en lanières ou *cossettes*. On y fait circuler, de l'un à l'autre, de l'eau qui se charge du sucre de la cossette, par l'effet de l'action osmotique des membranes cellulaires du tissu de la betterave.

Certains points sont à déterminer dans l'installation de la diffusion : la forme des diffuseurs, le rapport de leurs dimensions, leur nombre, la température de chaque diffuseur, la quantité de jus qu'on doit en extraire, la pression que l'on doit établir sur la batterie pour faire écouler le jus dans un temps déterminé.

Tous ces points ont fait l'objet de nombreuses études de la part des ingénieurs et chimistes de sucrerie de toute l'Europe, et il n'y a pas bien longtemps que l'on est parvenu à se mettre à peu près d'accord ; encore quelques uns de ces points sont-ils même quelque peu obscurs, la résistance de la batterie, par exemple, malgré les curieuses expériences qui en ont été faites.

Pour que vous vous rendiez compte de la cause de ces incertitudes, il faut que vous vous représentiez que notre matière première est un végétal *vivant*. La betterave est bisannuelle ; quand on l'arrache elle a encore un an à vivre. Conservée saine, elle passe facilement l'hiver en silos ; mais si on la tue, immédiatement elle se décompose et pourrit.

On conçoit donc que l'arrachage et l'ensilage doivent être très soignés pour que la betterave se conserve bien ; mais que, malgré tous ces soins, bien des maladies peuvent lui survenir : échauffements, étouffements, blessures, gelées, ou même croissance hâtive, toutes maladies parfois mortelles qui se manifes-

tent soit par des gangrènes partielles, soit par un appauvrissement en sucre.

La diffusion d'une betterave saine et celle d'une betterave malade ne se ressemblent pas, car si la chair ferme des premières permet un travail rapide et facile, la chair molle des autres obstrue les espaces où doit circuler le jus et forme une résistance difficile à vaincre.

C'est là la cause de toutes les difficultés dans le travail de sucrerie, de toutes les incertitudes de nos calculs. L'art du fabricant est de savoir faire du sucre avec toutes les betteraves bonnes ou mauvaises, savoir parer à toutes les éventualités, et parfois faire quelque chose avec presque rien.

Il y a donc une grande différence entre nos industries agricoles et toutes les autres industries. Nous ne sommes pas maîtres de notre matière première, et nous devons savoir modifier notre travail à chaque instant de la fabrication, suivant la qualité des arrivages. Et c'est pour cela que, malgré tous les efforts des chercheurs, des règles absolument générales n'ont pu être établies sur bien des points de la fabrication.

Cette digression était utile pour vous faire connaître les difficultés de la fabrication du sucre et vous expliquer les lenteurs des progrès scientifiques dans cette industrie ; il y a trop de choses à envisager à la fois.

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur la diffusion, pas plus que sur la question si intéressante de l'épuration du jus qui est absolument d'ordre chimique. Nous dirons seulement que les fours à chaux et à gaz carbonique ont été étudiés tout particulièrement dans la forme et les dimensions, et que les fours à chaux à gazogène ont fait leur apparition dans un certain nombre d'usines.

Nous dirons aussi qu'un grand progrès réalisé de ce côté réside dans un détail très simple, c'est-à-dire dans des filtrations fort nombreuses des jus et sirops sur tissu. Ces filtrations ont donné le jour à de nouveaux engins, dont il existe aujourd'hui de nombreux modèles, entre autres celui de notre Collègue M. A. Philippe.

Nous passerons donc directement à l'évaporation. Ici de grands progrès ont été faits depuis vingt ans.

Avant 1884 on ne rencontrait dans les sucreries françaises que des triple-effets. Les appareils à effets multiples dans le vide avaient été inventés en France en 1830 par Rillieux. Les premiers appareils furent établis en Louisiane en 1843-1845, et ils

ne vinrent en France que vers 1852, mais en passant par plusieurs intermédiaires qui, comprenant mal leur fonctionnement, les défigurèrent au point que les triple-effets en 1878 n'étaient plus guère que de mauvais double-effets.

Rillieux, en 1878, avait soixante-dix ans. Il vivait en philosophe à Paris, ignoré de tous, loin du monde et plongé dans des études archéologiques. Le hasard me le fit connaître. Nous causâmes triple-effet et, malgré son grand âge, il entreprit de remettre sur pied son invention si maltraitée. Et, de fait, ces appareils, devenus de vrais triple-effets, doublèrent sous sa direction leur pouvoir évaporatoire.

Plus tard, en 1882, Rillieux émit le principe que les chauffages de l'usine pouvaient se faire au moyen des vapeurs prélevées sur les différents corps du quadruple-effet considérés chacun comme un générateur. Et, en effet, cette idée géniale fut le point de départ de la transformation de tout le système des chauffages des jus, sirops, masse-cuite.

Ces chauffages, dits à effets multiples, non seulement transformèrent les anciens errements sur la marche des opérations et le matériel des usines, mais encore amenèrent des économies de charbon qui, dans certaines usines, montèrent à 50 0/0.

Essayés et adoptés d'abord en Autriche, pour les raisons fiscales que nous avons indiquées précédemment, les chauffages à effets multiples ne se répandirent en France qu'après que la loi de 1884 eût chassé de nos sucreries l'esprit routinier qui les laissait si en retard sur l'étranger. Et alors le quadruple-effet luimême fit place au quintuple-effet dans bien des installations.

C'est ainsi que l'impulsion d'un grand inventeur trop peu connu, méconnu même par beaucoup, car il eut à souffrir dans ses dernières années toutes les douleurs d'un procès inique, c'est ainsi, dis-je, que cette impulsion permet aujourd'hui, avec la hausse des charbons, de résister à une crise dangereuse.

Nous ne nous sommes pas arrêtés au quintuple-effet. Nous avons fourni les plans pour deux sextuple-effets qui furent construits pour les sucreries d'Égypte. Ces établissements, qui travaillent la canne par la diffusion, avaient vu le combustible bagasse insuffisant pour subvenir aux besoins de l'usine, et devaient brûler du charbon qui leur coûtait fort cher. Grâce au sextuple-effet et aux chauffages à effets multiples bien combinés, nous pûmes supprimer le charbon, résultat considérable pour la vitalité des sucreries de la Haute-Égypte.

L'un de ces sextuple-effets est d'ailleurs l'appareil d'évaporation le plus colossal qui ait jamais été construit. D'une surface de chauffe totale de plus de 4 000 m^2, ses premiers corps sont constitués par trois chaudières de 1 000 m^2 chacune, dimensions qui n'avaient jamais été atteintes, jamais été osées !

Mais la construction des appareils à effets multiples amenait à une étude complète de la vapeur, car il s'agissait d'utiliser dans les meilleures conditions possibles la faible chute de chaleur qui existe entre chaque caisse, et la moindre erreur pouvait être fatale aux applications industrielles.

En 1882 j'avais publié une théorie des appareils d'évaporation aussi complète que le permettaient les connaissances techniques d'alors. Mais, en passant de la théorie à la pratique, j'aperçus de grosses différences qui me forcèrent à adopter des coefficients inexplicables. Donc la théorie n'était pas complète.

Après cinq années d'études et de recherches continues, j'arrivai à découvrir ce qui manquait à mes formules et, le 18 novembre 1887, j'eus l'honneur de faire une conférence à la Société des Ingénieurs Civils dans laquelle je vous faisais connaître les lois de la condensation qui se traduisaient par une courbe parabolique facile à construire. En ajoutant cette loi à mes formules, je parvins à chiffrer tous les éléments du problème et à déterminer avec une exactitude absolue non seulement les indications manométriques dans chaque caisse d'un appareil aussi compliqué que le sextuple-effet, mais encore les surfaces de chauffe des caisses, nécessaires pour obtenir les températures de vapeur désirées pour les chauffages, celles des réchauffeurs et, en général, les surfaces de tout condenseur sans erreur possible. D'ailleurs, une longue pratique a sanctionné complètement ces formules, et nos sextuple-effets, qui ont marché du premier coup et sans écoles, en sont la preuve.

Il a fallu étudier encore bien d'autres points restés obscurs dans l'établissement des appareils d'évaporation, tels que les entraînements de sucre par les vapeurs, le mécanisme de ces entraînements, les appareils de sûreté destinés à les arrêter. Enfin les tuyauteries, les pompes à eaux chaudes, les pompes à air, etc., tous ces éléments ont dû être calculés pour le cas spécial des appareils d'évaporation. Cette longue étude fait d'ailleurs l'objet d'un grand chapitre de mon nouveau Traité de sucrerie.

On voit par là combien sont parfois difficiles les problèmes qui se présentent en sucrerie.

Non moins difficile aussi est le problème suivant, celui de la cristallisation du sucre.

La méthode la plus répandue pour obtenir le sucre cristallisé consiste à évaporer le sirop dans le vide de manière à l'amener à l'état de sursaturation, à faire cesser cet état de sursaturation en changeant l'équilibre moléculaire par des charges successives de sirop, changement qui amène la précipitation du sucre à l'état cristallin ; puis à nourrir les cristaux par une alimentation continue de sirop, en ayant soin de ne pas en former de nouveau ; quand les cristaux sont assez gros on arrête l'opération. C'est ce que l'on nomme la cuite en grains.

La masse-cuite ainsi obtenue est passée dans des essoreuses, appelées *turbines* en sucrerie. Le sucre reste dans le tambour, et l'égout est recuit de nouveau. A cause de son impureté, on ne cherche pas à y former du grain assez difficile à obtenir d'ailleurs, et on le coule dans des grands bacs placés dans des chambres chaudes appelées *emplis*. Là la cristallisation s'opère et est terminée au bout d'un mois. C'est ce que l'on nomme les deuxièmes jets. On turbine encore et l'égout est encore recuit, coulé de nouveau dans les emplis et turbiné six mois après. Le sucre ainsi obtenu est nommé troisième jet, et l'égout, généralement inscristallisable en emplis, est vendu à la distillerie sous le nom de mélasse.

Le travail des seconds et troisièmes jets est long, coûteux, manque de propreté et enfin ne repose sur aucune base scientifique.

Un Autrichien de génie, nommé Steffen, est venu changer tout cela depuis peu d'années et a amené une véritable révolution dans notre matériel. En étudiant ce qui se passe pendant la cuite en grains, il a remarqué que le grain, au fur et à mesure de sa formation, appauvrit l'eau-mère qui le baigne, et que cette eau-mère passe successivement par la même composition que celle des égouts de turbinage des premiers et des seconds jets. Dès lors, il introduisit, dans la chaudière à cuire les premiers jets, les égouts des précédentes cuites de premier jet, et ceux des seconds jets au moment où l'eau-mère avait la même composition que ces égouts. Il en résulta que si dans le turbinage on sépare les égouts suivant leur richesse, on peut en une seule fois obtenir une masse cuite contenant tous ces égouts, sauf les plus impurs, et, de ce fait, les égouts cristallisent immédiatement sans le secours des emplis. Steffen a donc supprimé ainsi

les seconds jets pour n'avoir plus que des sucres blancs cristallisés, et des égouts correspondant comme composition à des troisièmes jets.

D'autre part on avait remarqué que, dans les emplis, le sucre cristallisait beaucoup plus vite quand on agitait la masse que quand on la laissait en repos. Or, un de nos Collègues de la Société des Ingénieurs Civils, M. Bocquin, avait imaginé, avec la collaboration de Lepchinsky, un malaxeur très bien conçu pour faire cette agitation. Alors on coula les masses-cuites obtenues avec les égouts de la cuite Steffen dans les malaxeurs Bocquin et Lepchinsky, et l'on constata qu'au bout de cinq à six jours la masse était complètement cristallisée, si l'on avait soin d'aider la cristallisation au moyen d'une amorce de sucre, et qu'on n'avait plus qu'à la turbiner pour obtenir en fin de compte comme égout de la mélasse incristallisable.

Ce mode de travail a pris le nom de *cristallisation en mouvement.* Il a pour résultat de ne plus faire que deux jets de sucre, de supprimer radicalement les emplis, et d'obtenir la mélasse finale six jours après que la dernière betterave est tombée au coupe-racine, au lieu de ne la recueillir qu'après six mois comme cela se pratiquait auparavant.

C'est donc un nouveau et considérable progrès réalisé dans la fabrication du sucre.

Aujourd'hui un grand nombre d'usines marchent ainsi. Mais pour cela il a fallu dans ces usines établir des batteries de cristallisoirs, augmenter le volume des chaudières à cuire les premiers jets pour pouvoir y faire rentrer des égouts, donner aux chaudières de seconds de plus grandes dimensions, augmenter le nombre de turbines, bref tout l'ancien matériel a été remanié complètement pour faire place au dispositif nouveau qui rend plus de sucre et dépense moins de charbon.

Ces perfectionnements sont les derniers venus en sucrerie.

Mais, de ce fait qu'ils sont récents, la théorie n'en existait pas.

Aussi ai-je tenté de la créer. Les lois de la cristallisation peuvent se définir par une formule hyperbolique. Les cristallisoirs doivent être refroidis, et ce refroidissement est représenté par une formule, qui est celle d'une parabole.

En traçant l'hyperbole et la parabole qui définissent le travail on a tous les éléments nécessaires et suffisants pour conduire les cristallisoirs.

Et c'est ainsi que, depuis la diffusion, en passant par l'évapo-

ration, jusqu'à l'obtention du sucre, la fabrication peut se conduire par des lois mathématiques, mais avec le tempérament de la nature de la matière travaillée qui doit faire l'objet de la surveillance constante des laboratoires.

La fabrication du sucre, avant la loi de 1884, était entre les mains des empiriques, contremaîtres et cuiseurs, qui semblaient jouir d'un pouvoir surnaturel à l'usine. Elle a passé maintenant entièrement entre les mains des chimistes et des Ingénieurs qui cherchent à la conduire scientifiquement.

Pour terminer cet exposé, je devrais vous parler de la production de vapeur qui, elle-même, a subi le contre-coup des transformations du matériel de sucrerie. En effet, avec le travail ancien, la consommation de vapeur était très irrégulière, et l'on ne pouvait employer que des générateurs à grande masse d'eau, pour que cette masse servît de *volant* à l'irrégularité dans la dépense, et encore cela ne suffisait pas toujours. Aujourd'hui, grâce aux chauffages à effets multiples, la consommation est devenue tellement régulière que l'on peut sans inconvénient faire usage des générateurs de tous modèles, même des multitubulaires, comme les chaudières de Nayer. Le résultat pratique de cette régularité a été l'économie de combustible et la meilleure conservation des chaudières que l'on n'est plus obligé de pousser à outrance à certains moments critiques, comme cela se passait autrefois.

Je devrais vous parler aussi de l'emploi de l'électricité; car non seulement l'éclairage électrique est répandu partout, mais encore les transports de force commencent à prendre une grande extension dans nos établissements, en sorte qu'il n'est pas rare d'y voir des centres électriques parfois très importants.

Mais ces quelques mots suffisent pour vous montrer que toutes les branches de la science de l'ingénieur sont représentées dans notre industrie.

Telle est donc la **sucrerie moderne** que j'étais aise de vous présenter sous son jour le plus propre à attirer l'attention des membres de la Société des Ingénieurs Civils.

LA FABRICATION ET L'EMPLOI DE LA CÉRAMIQUE

POUR

L'ÉTABLISSEMENT ET LA DÉCORATION DES ÉDIFICES

PAR

M. R. de BLOTTEFIÈRE

Pendant très longtemps, sauf dans certaines industries céramiques courantes, les manutentions et les compositions usitées ont fait l'objet, de la part des spécialistes, d'une sorte de secret toujours jalousement conservé, en raison même de l'empirisme qui présidait à la constitution des mélanges employés et des tours de main suivis. Aujourd'hui, grâce à la mécanique qui lui a donné un essor particulièrement heureux, grâce aussi aux perfectionnéments industriels de la chimie, la céramique est devenue une industrie comme les autres, c'est-à-dire une industrie à progrès raisonné, où toute modification peut être déduite de considérations scientifiques. Évidemment il ne peut encore être question d'agir, comme en métallurgie, par exemple, par formules d'équivalences et la pratique et le tâtonnement y jouent toujours un grand rôle. Mais certainement un jour viendra où, grâce aux recherches de nos savants, nous posséderons des données techniques suffisantes pour nous permettre, au moyen d'abaques, de déduire *a priori* des résultats en partant de compositions déterminées. Évidemment le champ de ces études est très vaste et la résolution du problème sera longue et difficile, mais elle viendra tôt ou tard.

La céramique remonte très loin. Son origine réelle et son ancienneté sont probablement inconnues. Mais l'on sait que les Égyptiens commencèrent à faire usage des limons déposés par les eaux du Nil pour constituer des briques crues. C'était un résultat bien imparfait. Un hasard fit plus tard reconnaître que le feu durcissait la terre et l'empêchait d'être délayée par l'eau. Est-ce là l'origine de la céramique?

Nous ne passerons pas en revue, d'ailleurs, les étapes par lesquelles elle est arrivée jusqu'à nous, et nous n'envisagerons pas ses perfectionnements successifs. Notre but est d'établir seu-

lement la monographie rapide actuelle des industries céramiques afférentes au bâtiment.

Je diviserai ces diverses industries comme suit :

1° Briques diverses;
2° Tuiles;
3° Hourdis;
4° Terres cuites et grès;
5° Carreaux de dallage et carreaux de revêtement.

1° Briques.

Sur cette spécialité nous n'appuierons guère, cette partie de la céramique étant plus particulièrement connue des Ingénieurs, qui en font un emploi courant. Nous nous bornerons à parler des briques spécialement destinées aux constructions soignées.

La brique peut être constituée soit par des terres naturelles sans aucune addition. soit par des mélanges d'argiles avec des sables ou des terres maigres. La qualité de la brique, outre sa composition, dépend essentiellement du travail qu'a subi la pâte de constitution. D'ailleurs, on peut émettre comme principe céramique que tout dépend de la constitution physico-chimique de la pâte : pâte non homogène, produit inconstant. Il y a bien un autre élément important, le feu, mais on peut dire qu'à feu constant le produit sera inconstant si la pâte manque d'homogénéité physique et chimique. J'aurai, d'ailleurs, à revenir sur ce point en parlant des tuiles.

Les briqueteries, pour atteindre à des prix de revient *convenables*, doivent être montées de façon à abaisser le prix général de la main-d'œuvre. Il faut que les produits intégrants, terres, sables, marnes, etc., arrivent avec le minimum d'effort aux laminoirs, aux malaxeurs et aux étireuses, que le séchoir soit facilement desservi, que les produits y passent le moins de temps possible, que les fours enfin soient à feu continu. Actuellement, le dispositif d'usine de ce genre le plus réussi nous paraît être obtenu par l'application des séchoirs du type allemand Möller, à ventilation et chauffage, accouplés avec des fours continus genre Hoffmann-Simon. Avec des produits massifs comme la brique, la dessiccation rapide en présence de courant d'air chaud ne constitue pas un danger comme il pourrait l'être, comme il l'est, avec des produits minces comme les tuiles et aujourd'hui

toutes les nouvelles briqueteries qui se montent ont avantage à employer le genre d'appareils que j'ai indiqués.

Les ***briques émaillées*** de parement, de jour en jour, trouvent des emplois plus nombreux, en raison des besoins nouveaux d'hygiène et d'effet décoratif.

Afin d'avoir un fond de terre cuite susceptible de donner un beau transparent à l'émail de recouvrement, on est contraint de faire usage de mélanges cuisant suffisamment blanc ou bien de recouvrir la peau de ces briques d'une couche mince de terre plus fine et plus blanche que le fond; cette couche mince a reçu le nom d'*engobe*. La difficulté de faire tenir ces engobes constitue souvent un danger pour l'emploi des produits engobés. En effet, pour la plus légère différence de dilatation de la pâte de fond et de l'engobe, il se produit des décollements bien compromettants pour la face émaillée : la brique se pèle et l'effet devient désastreux.

Il y a encore à craindre la gélivité de la brique. Celle-ci peut provenir de plusieurs causes.

Ou bien la brique est de mauvaise constitution céramique, c'est-à-dire que les produits intégrants ne sont pas en quantités respectives suffisantes ou bien ne sont pas susceptibles, sous l'effet du feu, de donner des produits assez combinés ou assez bien feutrés. Ou bien la constitution physique du corps céramique est imparfaite : il peut y avoir dans la masse des mélanges irréguliers, incomplets ou même nuls; l'argile peut être en trop grande quantité ici et faire défaut plus loin. Enfin le corps céramique peut être, dans sa masse, pourvu de fibres ou de plaques non cohérentes qui font qu'après cuisson la brique contiendra des géodes ou des fissures dans lesquelles l'eau, entrée par porosité, augmentera de volume sous l'effet de la gelée. L'inconvénient sera plus considérable si la brique est émaillée, car alors l'eau, entrée par porosité, ne pourra, après la pose sur les murs, ressuer par la seule face émaillée restant au contact de l'air : le joint des briques seul pourra permettre la respiration des matériaux. Est-ce cette raison qui faisait dire autrefois à notre ancien Président, Émile Muller, *qu'un matériau devait pouvoir respirer, qu'une brique émaillée devait presque obligatoirement être craquelée, gercée?*

La maison Gilardoni Brault, de Choisy-le-Roi, fabrique un type spécial de briques émaillées assez remarquable. Ces briques sont l'intermédiaire entre la brique ordinaire engobée et la brique de grès proprement dite. Elles sont constituées par un corps cé-

ramique donnant un fond suffisamment propre à la transparence sous les émaux.

Les glaçures qui les recouvrent sont toutes ou presque toutes des borosilicates plombeux, colorés par des oxydes métalliques divers. Seules les briques blanches sont à base d'acide stannique, qui leur donne l'opacité et la netteté indispensables. Il y a lieu de remarquer la régularité obtenue pour les arêtes de ces briques, qui sont cuites dans les fours à faïence à une température d'environ 1 400° C.

La composition de ces produits les rend assimilables à des grès, leur cassure est légèrement conchoïde, leur porosité est d'environ 6 pour 1 000. Dans ces conditions, la gélivité n'est guère à craindre, et, d'autre part, le mélange des matières intégrantes est très soigné et parfaitement homogène. Les prix de ces briques sont encore assez élevés : 350 *f* le mille.

Dans certains travaux récemment exécutés et notamment à la gare Saint-Michel (Compagnie d'Orléans), nous trouvons un exemple d'emploi des plaques de porcelaine. Il y a une amélioration sensible sur l'emploi de briques de porcelaine qui avait été fait plus anciennement sur la ligne de Sceaux à la gare de Médicis. Mais on peut admettre que, de longtemps, le prix d'achat et la difficulté de pose empêcheront ces produits d'être très couramment employés dans les constructions. Les briques de porcelaine sont creuses et obtenues par coulage avec ou sans pression.

Dans les souterrains du Métropolitain, notamment à la station du Louvre, on peut voir un exemple très réussi d'emploi des briques en grès blanc. Nous disons briques, bien que ce ne soient que de grands closoirs formés d'une plaque assez mince pourvue de deux rebords postérieurs en queue d'aronde. La matière constitutive est du grès blanc, très fortement cuit, ne prenant pas 1 pour 1 000 d'eau. Ce produit était tout indiqué pour le revêtement d'un souterrain. Il sort de la maison Jacob et C[ie], à Pouilly-sur-Saône, qui s'est fait une spécialité de ces grès blancs.

Dans le cas où le prix d'achat de la brique émaillée constitue un empêchement absolu, on peut avoir avantage à recourir à l'emploi du *closoir*. C'est une sorte de demi-brique creuse, à queues d'aronde postérieures. Ce produit est formé par un mélange analogue à celui de la TERRE CUITE. Les closoirs sont filés dans des cylindres à piston propulseur : une filière donne à la fois deux demi-closoirs qui ne sont séparés qu'après première

cuisson, avant l'émaillage. Une petite ligne, venue de filage sur chaque côté, permet de séparer très facilement les deux pièces. De cette façon, pendant la dessiccation et la cuisson, les deux demi-closoirs, ainsi adossés, se maintiennent mutuellement et s'opposent au gauchissement. Ces closoirs sont émaillés, comme les briques, par trempage dans un émail liquide, de composition sensiblement pareille à celle que je vous ai indiquée plus haut. La cuisson de ces closoirs émaillés se fait en moufles à une température d'environ 1 100°.

On a pu voir des briques de grès émaillées et flambées à l'exposition particulière de M. Bigot, à la classe 72, à l'Exposition. En ce qui concerne l'emploi de ce produit, nous ne savons si l'heure est encore venue, car, *a priori*, il nous semble, sauf preuve, que le prix de revient réel doit en être considérable. Non que les éléments intégrants aient une valeur supérieure, mais la température de cuisson nécessaire amène inévitablement la détérioration très rapide des fours. C'est là qu'est le point le plus important à considérer dans l'établissement final du prix de revient de ces briques. Celles-ci sont cuites à environ 1 600°. Le déchet de fabrication en est assez élevé.

2° **Tuiles.**

Avec cette industrie, nous nous trouvons en présence d'une des plus grosses fabrications céramiques. Ici les conditions physiques sont très importantes et ce que j'ai dit plus haut relativement à l'homogénéité des pâtes à briques prend un intérêt tout spécial. Il s'agit, en effet, de réaliser des produits particulièrement aux prises avec les intempéries du fait de leur exposition sur les toitures. Il faut que la tuile résiste à la pénétration des eaux, soit par porosité, soit sous l'effet des raffales, et qu'en aucun cas elle ne puisse être détériorée par la gelée. Plus qu'en aucun autre produit céramique, la résistance physique est ici de première obligation.

La fabrication de la tuile est une des plus grosses industries céramiques : c'est par millions de pièces que se livre cet article sur les marchés de nos pays.

L'emplacement des tuileries est fonction de deux facteurs : la position des carrières de terres, la position des centres d'emploi des tuiles. Il y a une étude préalable particulièrement sérieuse à faire avant de décider le choix de la place de l'usine; il faut

tabler sur le chiffre probable des ventes et, par suite, sur le tonnage des matières premières à transporter. Il ne s'agit, pas, en effet, de moins de 100 à 120 *t par jour* de terres diverses, sables, etc., pour des usines comme celles d'*Ivry-Port* ou de *Choisy-le-Roi*. Il faut que, dans le voisinage de l'usine, se rencontre l'élément principal de la fabrication, qui, dans le cas actuel, est la terre verte, marne qui forme la presque totalité des demi-côtes du bassin de la Seine. Il faut encore que le centre d'emploi du produit soit assez rapproché, car les tuiles ont un poids relativement considérable et un prix de vente assez restreint. C'est précisément ce qui explique les positions des grandes usines d'Ivry-Port et de Choisy-le-Roi que j'ai citées plus haut.

La tuile mécanique, que tout Ingénieur connait parfaitement pour l'avoir souvent employée, fut inventée en 1841 par Xavier Gilardoni, à Altkirch dans le Haut-Rhin. Il eut l'idée de superposer les tuiles par leurs rebords en les munissant de sortes de gouttières qui ramenaient les eaux vers le centre. Le modèle qu'il a créé est resté pareil, à quelques changements de détail près. Jusqu'en 1860, les tuiles furent fabriquées sur des presses à balancier. A cette époque fut créé par l'inventeur, aidé du constructeur Schmerber, une presse à *deux pans*, qui fut bientôt remplacée par la presse à *cinq pans*. Les constructeurs ont plus ou moins modifié la machine initiale que l'inventeur fit construire, mais le principe de l'appareil, le *cinq pans*, est resté identique.

Les éléments divers qui entrent dans la fabrication de la terre à tuiles sont les suivants :

Argile verte du bassin de Paris;
Argile réfractaire du bassin de l'Yonne;
Argile bleue du bassin de Paris;
Sable jaune de Villejuif.

Ces matières sont mélangées à parties égales pour l'argile verte, l'argile réfractaire et le sable jaune. L'argile bleue n'y entre que pour un dixième environ de l'ensemble. C'est là une composition moyenne, car suivant la nature même des argiles, il y a lieu de faire des modifications. Les moyens de chauffage entrainent aussi à des changements dans la composition.

Le travail ordinaire consiste en un premier TAILLLAGE des terres plastiques au moyen de *tailleuses* formées d'un disque tournant horizontalement dans une cuve en métal. Ce disque est

pourvu de fenêtres, munies chacune d'une lame coupante. La terre se trouve débitée par lits dans des *fosses* situées au-dessous des tailleuses. On inonde ces fosses en piquant les terres pour permettre le mouillage de toutes les parties. Après une semaine au moins de trempage, l'humidité s'étant également répartie, on coupe la terre en mottes qui sont passées à un **MÉLANGEUR** dans lequel on ajoute la proportion voulue de sable jaune. Du mélangeur, cette terre passe successivement à une série de deux ou trois **LAMINOIRS** à vitesses différentielles, qui ont pour but : 1° d'écraser les pierres, s'il s'en trouve dans la terre; 2° d'aplatir et d'arracher la terre, de façon à en homogénéiser le plus possible toutes les parties.

Après les laminoirs, la terre est transportée par des *toiles sans fin* à deux *malaxeurs* qui complètent le travail et mettent la terre sous la forme définitive de pains prêts à servir dans la *presse à tuiles*.

Comme il vient d'être dit, les *cylindres* ont, entre autres buts, la mission d'écraser les pierres qui peuvent être renfermées dans les terres. C'est là un point très important. En effet, les marnes semi-fusibles, telles que les argiles vertes, contiennent, en carrière, des carbonates de chaux concrets en nodules qui, s'ils n'étaient pas porphyrisés, entreraient dans les pains de terre : ils causeraient des ravages aux moules plâtrés de la presse et auraient l'inconvénient bien plus considérable encore de rester dans la tuile fabriquée. Or, au contact du feu, ils se convertiraient en chaux et celle-ci, dès le premier mouillage de la tuile, sur le toit, en s'hydratant, augmenterait de volume, ce qui entraînerait l'éclatement partiel ou total de la tuile. L'effet apparent des dégâts produits par la chaux échappée à la fabrication est très analogue à celui d'une gelée sur un produit de composition inférieure et de cuisson insuffisante.

La pâte employée pour la fabrication qui vient d'être décrite est à l'état plastique : c'est la fabrication en *terre molle*. Il y a une autre fabrication, celle en *terre ferme* ou dure, mais nous ne la citons que pour mémoire, car elle tend, et pour cause, à disparaître.

En effet, comme nous l'avons dit au sujet des briques, la pâte *à l'état durci* peut être homogène de constitution chimique, homogène dans son mélange, mais elle présente invariablement, inévitablement des pailles, des fissures, des décollements, qui ne se trouvent que rapprochés par la compression dans la presse;

si minces soient-ils après cette pression, ils n'en existent pas moins. Il y a, dès lors, des différences de tension moléculaire d'un point à un autre et la première gelée suffit pour produire des séparations, des éclatements. Le même défaut se présente pour la fabrication en terre molle quand la pâte n'est pas homogène ni suffisamment travaillée.

Une fois la terre mise en pain, elle est transportée par une toile sans fin à la *presse* dite *cinq pans*. Celle-ci se compose de deux bâtis verticaux entre lesquels est placé un prisme pentagonal régulier à axe horizontal. Sur chaque pan de ce prisme est monté un moule en métal garni de plâtre représentant le dessous de la tuile. Sur un piston supérieur se mouvant alternativement de bas en haut et de haut en bas, un deuxième moule analogue au premier représente le dessus de la tuile. Le pentagone étant arrêté par un verrou de façon à avoir une face horizontale à la partie supérieure, le moule du haut descend, conduit par une came et écrase un pain de terre qu'on avait préalablement posé sur le moule inférieur. La pression est graduelle de façon à faire échapper lentement et progressivement l'air emprisonné dans la terre. L'excès de celle-ci est enlevé sur la presse même par le *plaqueur*. Dès la pression terminée, le moule supérieur remonte rapidement, soit par contrepoids, soit par came ou excentrique, le verrou d'enclenchement du pentagone s'efface et le cinq-pans tourne d'un cinquième de tour, ramenant un nouveau pain et un nouveau moule du bas sous la pression, tandis que la tuile qui vient d'être fabriquée est reçue par le *rattrapeur*, au démoulage sur une planchette. Celle-ci est alors délivrée aux ÉBARBEUSES, assises par trois ou quatre autour d'un TOURNIQUET. Chacune d'elles, au moyen d'un *sautereau*, sorte de fourchette avec fil d'acier entre les deux branches, enlève les barbes à un côté de la tuile. Un *gamin* ou une jeune fille prend la planchette à la dernière ébarbeuse et la pose sur une CHAINE SANS FIN qui amène la tuile finie dans les SÉCHOIRS.

Pour donner une idée de l'utilisation de la main-d'œuvre et de l'intensité de production par les moyens qui viennent d'être décrits, voici quelques chiffres reposant sur le fonctionnement de la tuilerie de Choisy-le-Roi :

Un seul homme passe aux laminoirs et deux gamins coupent en mottes pour deux presses faisant chacune 5 500 tuiles, un poids de 44 tonnes de pâte par journée de onze heures.

Il y a là une intensité considérable de production et c'est cer-

tainement la même marche dans toutes les tuileries bien installées.

Après les presses, les tuiles arrivent dans les **séchoirs** ; elles y sont rangées sur des rayons où elles séjournent de quinze jours à un mois, suivant le temps. On les met autant que possible *à l'abri des courants d'air.* La chaleur provient des fours qui sont placés en dessous, le plancher étant formé de lames disjointes pour laisser filtrer doucement la chaleur sans courants d'air sensibles. Nous insistons sur ce point dans le but de faire la différence entre le séchage de pièces massives, comme la brique, et le séchage de pièces délicates, comme la tuile. On a pu, il est vrai, avec des terres complaisantes comme celles d'Altkirch, en Alsace, opérer des séchages rapides sans trop fissurer ni gauchir les pièces ; mais il faut distinguer entre les terres dont on dispose. Le moindre courant d'air peut entraîner la fente dans les produits quand on emploie les marnes de nos régions, tout au moins dans les proportions ordinairement usitées. D'ailleurs, il y a un inconvénient à sécher trop vite les tuiles, c'est le gauchissement qui en résulte.

Le rendement des séchoirs à chaleur perdue, quand ils sont bien soignés et bien surveillés, peut atteindre normalement 95 à 96 0/0, c'est-à-dire que la casse constatée, par fente ou manipulation, n'atteint pas plus de 5 à 4 0/0.

Au moyen d'appareils à coulisses dits : **martingales**, on redescend aux fours les tuiles séchées.

Nous arrivons ici à la partie essentielle de la constitution des tuileries. Le **four** a une importance considérable par le fait que sa marche est le critérium du fonctionnement de l'usine. Il faut des *fours continus* en raison même de l'intensité, de l'activité de la production. Il faut que ces fours soient *économiques de combustion*, et qu'ils cuisent *régulièrement dans toutes leurs parties.*

Tous les fours usités dérivent du même type, le *four Hoffmann-Simon.* Ce sont de grands carneaux ayant jusqu'à 3,50 *m* de largeur et 2 à 3 *m* de hauteur, avec voûte supérieure en arc à trois centres, en anse de panier. Ces fours peuvent être soit au-dessus du sol, soit complètement en dessous. Ils se chauffent soit par côtés au moyen d'ALANDIERS, soit par-dessus au moyen de CUILLÈRES. Quoi qu'il en soit, le principe d'établissement en est toujours le même. Les produits sont disposés en tranches verticales, superposés de façon à constituer des murs filtrants dans lesquels s'épandront les flammes. Des grilles inférieures reçoivent le

charbon. La marchandise en cuisson est noyée dans les flammes qui se propagent à l'avant, à travers la marchandise crue, commençant à la cuire ou finissant de la sécher, tandis qu'en arrière du feu se trouve la marchandise cuite qui reçoit l'air de refroidissement. Cet air réchauffé, même rouge, arrive sous les grilles et détermine la combustion à plus haute température. En arrière encore de la marchandise en refroidissement, se trouve la marchandise refroidie qui est mise en défournement. D'un autre côté, en avant des marchandises en échauffement, protégés par des écrans ou des registres, les ouvriers procèdent à l'enfournement du cru.

Le four que je viens de vous décrire constitue un appareil très perfectionné à chauffage méthodique complet. D'une part, la combustion du charbon se produit sous l'effet de l'air échauffé par le passage dans les pièces en refroidissement, et, d'autre part, les gaz chauds amorcent la cuisson des produits secs et parfont la dessiccation de ceux qui se trouvent plus loin. L'intensité de production de ces fours, qui poussent en quelque sorte le travail d'enfournement et de défournement, complète l'intensité de la fabrication de la terre et du pressage de la tuile. Du haut en bas de l'échelle dans une tuilerie le temps est jalousement mesuré, et c'est le four qui constitue le grand régulateur.

La cuisson des tuiles en four continu nécessite l'emploi de charbons *à longue flamme*; les meilleurs résultats sont obtenus avec les charbons de Bruay et de Liévin.

La température de cuisson varie de 900 à 1 000° C. Un mille de tuiles ordinaires demande de 7 à 10 *f* de charbon suivant la composition du charbon et selon la teneur des mélanges en marne verte.

3° Hourdis.

Quelques mots, en passant, au sujet de cette sorte de grande brique qui est destinée à être placée entre les ailes des fers I dans l'établissement des planchers.

La commodité de sa pose, l'insonorité qu'elle procure quand elle est bien posée, en ont fait faire un usage assez important. De plus, elle charge peu les planchers, ce qui a une grosse importance. Nombre d'architectes en font un emploi courant.

La totalité des planchers de la Tour Eiffel et les trottoirs du Pont Alexandre III, pour ne citer que des exemples faciles à trouver, sont constitués avec des hourdis du système Périère.

Ces pièces sont obtenues par filage dans de gros malaxeurs. Un de ces appareils en fait à lui seul, à la tuilerie de Choisy-le-Roi, 2600 *m* linéaires par journée de dix heures.

La terre employée pour la constitution de ce produit est sensiblement plus réfractaire que la terre à tuiles. Aussi ces pièces sont-elles cuites près des grilles dans les fours continus. A titre d'indication, le prix du mètre carré achat de ce produit : il est d'environ 3,75 *f* à Paris et 5,85 *f* tout posé au prix de la série de la Ville de Paris.

4° Terres cuites.

En construction, la pierre donne des effets qui ont été consacrés par le temps ; mais, de jour en jour, les besoins d'économie se font davantage sentir. De plus, il est difficile et long de traduire en pierre les nécessités artistiques. C'est pourquoi l'emploi de la terre cuite prend chaque jour plus d'importance dans la décoration. A égalité de surface, la terre cuite vaut de trois à huit fois moins cher que la pierre sculptée. Le rapport est assez élastique. Il est même des décorations qui, réalisées en pierre, coûteraient un prix invraisemblable.

Par le fait même que la terre cuite est obtenue par moulage ou par modelage à l'état plastique, l'artiste et l'architecte trouvent en elle le moyen de réaliser les plus difficiles de leurs conceptions. Avec elle seule, ils peuvent être certains d'obtenir après cuisson, l'effet exact qu'ils ont cherché. En effet, la composition de la terre cuite et le feu auquel elle est soumise, permettent à la matière d'obtenir un retrait régulier, uniforme, qui assure à l'ensemble une intégrité parfaite dans les formes. C'est précisément ce que l'on ne saurait obtenir d'une façon absolue avec les grès ou autres matières céramiques cuisant à des températures bien plus élevées et contenant dans leur constitution des éléments fusibles à ces températures.

Nous ne parlerons pas longuement des moules employés pour la terre cuite : ils sont en plâtre fin de qualité spéciale (plâtre à modeler) et formés de pièces enchapées rendant le démoulage possible ou plus facile. La constitution de ces moules est aisée à comprendre : elle est analogue à celle des moules à pièces de fonderie.

Le moulage se fait au moyen de croûtes de terre préparée qu'on estampe au moule au moyen du pouce. On chasse la terre

de façon à ce qu'elle se colle, se soude parfaitement à elle-même et qu'elle prenne l'empreinte complète du moule.

La pâte est constituée par un mélange de *terre plastique*, de *ciment de terre cuite broyée*, de *feldspath quelquefois*, enfin de *marne blanche*. La température de cuisson des produits est d'environ 1 200° C.

Les fours de cuisson, dans lesquels sont introduites les pièces parfaitement séchées après un soignage rigoureux, se composent d'une grande chambre rectangulaire avec quatre à six foyers en dessous. Les marchandises à cuire sont préservées du feu par des murettes de briques assemblées au mortier réfractaire. Un globe peut terminer le dessus de l'appareil de cuisson. La cuisson peut s'opérer aussi en moufles, à retour de flamme. Elle commence par un petit feu, variable en durée, suivant la grandeur et la masse des pièces, suivant leur degré initial de séchage, il dure de dix-huit à vingt-quatre heures. Le grand feu qui lui succède est poussé également pendant dix-huit à vingt-quatre heures, selon les indications des montres de cuisson.

Comme exemple assez remarquable d'emploi de la terre cuite, nous citerons une grande lucarne exécutée, autrefois, en terre cuite blanche, par la Maison Alfred Brault, de Choisy-le-Roi.

Cette pièce ne mesure pas moins de 5,50 *m* de hauteur; elle est construite par pièces assemblées à joints nets comme des pierres taillées. Il en a été exécuté pour un château une douzaine de semblables et il est impossible, même à une personne de la partie, de dire à première vue si ces constructions sont en pierre ou en terre cuite.

Le prix d'une pareille lucarne exécutée en pierre serait d'environ 4 000 à 5 000 *f*. En terre cuite, elle ne vaut guère, comme achat, que 1 000 *f*. Évidemment, il faut tenir compte essentiellement de ce fait que, les moules ayant une valeur assez importante, le prix diminue à mesure que le nombre des pièces à exécuter augmente davantage.

On pourrait, en voyant la différence de prix entre la pierre et la terre cuite, se demander si, précisément, cette dernière n'aurait pas à son détriment un défaut qui diminuât sa valeur; si, par exemple, les intempéries, la mousse, les lithophages ne viendraient pas rapidement à bout de sa solidité.

L'expérience de 40 années acquise par des maisons spéciales dans cet article, les pièces qu'on peut facilement voir en nombre d'endroits, attestent que la terre cuite fait meilleure figure que la pierre en présence du temps et des intempéries. Quantité de

balustrades, de clochetons, de lucarnes, placés dans des climats à températures extrêmes, même au voisinage de l'air salin, au bord de la mer, ont traversé les années sans essuyer le moindre ravage. Comme nous le disions plus haut, tout réside dans le choix des matières constitutives de la pâte, dans le soin de sa préparation, dans la cuisson au point voulu de ces produits. Il faut, pour la terre cuite, ajouter ce point qui corrobore nos dires : il faut, par un moulage très soigné, rendre parfaitement homogène au point de vue physique le corps du produit en évitant que les parties superposées au moulage ne soient que rapprochées, en observant au contraire, que les diverses lames de pâte qui ont servi à constituer la pièce soient bien intégrées les unes dans les autres, fassent bien corps ensemble. Sans cette précaution, la terre cuite, qui, elle aussi, est poreuse, se trouverait feuilletée, écaillée, perdue par l'action expansive de la gelée.

Pour compléter ces quelques généralités sur la constitution et l'usage de la terre cuite dans le bâtiment, nous pouvons citer un exemple d'emploi complet de cette matière. Il s'agit de la décoration intégrale de la chapelle de Vic (Aude). Ce travail a été exécuté de toutes pièces par la même Maison citée plus haut, le Maison Alfred Brault, de Choisy-le-Roi.

Dans le pays, on ne disposait, pour la construction, que de mauvaises caillasses, d'un emploi évidemment peu décoratif. La construction des murs a été exécutée avec cette caillasse qui, ultérieurement, a été enduite de sable-mortier coloré. Toutes les parties en relief, en style gothique du xve siècle, sont en terre cuite. La rose au-dessus de la porte est également constituée par de la terre cuite.

A l'intérieur, au-dessus de la porte d'entrée, la décoration des parties latérales et du chemin de croix sont également en terre cuite appliquée sur les murs.

Enfin les voussures et les panneaux de plafond ont également été exécutés en terre cuite blanche.

On se demande assurément comment peuvent tenir en place tous les éléments de ce plafond. On avait préalablement constitué des carcasses formées de deux fers cornières assemblés dos à dos avec interposition entre deux de cales en bois. Les carcasses suivent les arêtes formant bordure de caissons ; ces arêtes sont pourvues à l'arrière de cloisonnettes dans lesquelles des crochets métalliques sont passés. Ces crochets, taraudés, traversent les cales de bois, un écrou à l'arrière formant serrage.

Entre ces arêtiers sont glissées les plaques de fond de caisson. Il n'y a pas jusqu'à l'autel lui-même qui, dans cette construction, n'ait été exécuté en terre cuite.

A l'article terre cuite, nous rattacherons les matières céramiques qui portent communément aujourd'hui le nom de *grès* et notamment de *grès artistiques*. Il n'y a guère de différence, en effet, au point de vue de l'exécution, que dans la température de cuisson. Les compositions sont, pour la plupart, bien proches parentes : seule, la cuisson opère une modification dans l'état du produit fini. La porosité diminue par augmentation de température et si les moyens de chauffage sont suffisants, on peut arriver à la déformation et à un commencement de vitrification. C'est là précisément que réside pour l'avenir la démarcation inévitable qui se fera entre les divers produits, relativement à leur emploi raisonné dans la construction et la décoration.

Avec la tendance actuelle de décoration en *art moderne*, la déformation tend de moins en moins à détruire d'une façon fâcheuse les formes, car celles-ci, il faut bien l'avouer, sont pour la plupart imprévues. On pourrait presque dire que les produits céramiques qui se déforment à la cuisson ont aidé certains artistes à déformer aussi la nature. Nous ne saurions nous lancer dans une critique à fond sur ce point, car il faudrait une compétence profonde et, d'ailleurs, cela dépasserait notre cadre, mais nous ne savons si le parti pris actuel de sortir de l'équilibre, si l'amour du porte-à-faux invariable nous conduiront bien loin dans l'avenir.

Néanmoins, si on peut dire que l'art moderne, tel que nous le constatons dans son essor actuel, produit assez souvent des œuvres qui nous étonnent par leur manque d'équilibre, on doit reconnaitre pourtant que, dans quelques cas, les résultats nouveaux ont un charme particulier de douceur que vient encore rehausser l'emploi raisonnable du *flambé*.

Ici nous dirons seulement quelques mots sur ce qu'on nomme le *flambé :*

Certaines matières changent de coloration suivant qu'elles ont été soumises pendant leur chauffage à une atmosphère réductrice ou à une atmosphère oxydante. Ainsi l'*oxyde de cuivre*, par exemple, maintenu à l'état de *protoxyde*, si l'allure du four est *oxydante*, donne aux glaçures la *teinte verte* si elles sont *boraciques-plombifères* et la *teinte bleue* si elles sont *alcalines*. Au contraire, à l'allure *réductrice*, l'oxyde passe à l'état d'oxydule et l'émail prend

une coloration *rouge*. Ce qui vient d'être dit pour le cuivre se reproduit pour les métaux à oxydations multiples, tels que le manganèse et le fer.

Si la *désoxydation* est poussée *plus loin*, le *métal est mis en liberté* et on obtient des *irisations métalliques*.

Dans ces conditions, même en conduisant très habilement son feu, il serait extrêmement difficile de réaliser des effets certains. C'est pourquoi l'on est obligé de recourir à un moyen plus commode que la conduite du feu. Par addition, dans la mouffle qui contient les pièces à flamber, soit de gaz d'éclairage, soit de carbures tels que les pétroles lourds, soit d'acétylène aussi, on crée une désoxydation violente dans l'atmosphère entourant les pièces émaillées. Il y a un point limite de température où doit être fait ce flambage : c'est là une question d'expérience. Quoi qu'il en soit, il est souvent nécessaire de flamber trois à quatre fois les mêmes pièces pour arriver à un résultat d'ailleurs presque toujours imprévu. C'est cette raison qui fait du flambé un vrai caprice aussi bien comme produit que comme goût : dans un four, deux pièces identiques, émaillées du même émail par une même main, sont cuites, puis flamblées ensemble, on n'obtient pas toujours le même résultat.

La difficulté consiste donc, pour l'artiste ou l'architecte qui veut faire l'emploi du flambé, à faire la part de l'imprévu, la part du feu, dans l'effet désiré. Évidemment on ne nage pas complètement dans le pur hasard quand on fabrique du flambé; la nature des émaux permet bien d'obtenir telle ou telle couleur de préférence, mais, ce dont on n'est pas maître, c'est de choisir le point précis où, pour un effet déterminé à obtenir, se portera la réduction du flambage. Il y a une moyenne de convention qui rend ou non acceptable le résultat : c'est une affaire de sens personnel pour celui qui regarde l'objet. Il en est de cela comme de l'art moderne : cela plaît ou ne plaît pas, mais, de règle, il n'y en a point. Nous nous trouvons en présence d'un système dépourvu de syntaxe.

Il nous est facile de donner des exemples remarquables de l'emploi nouveau des terres cuites et grès émaillés et flambés. L'Exposition universelle de 1900 nous en a montré un peu dans toutes ses parties. Citons les plus saillants :

Les bases de la porte monumentale de l'architecte, M. Binet, étaient décorées de deux grandes frises en grès intitulées *le Travail*, dues au ciseau du sculpteur Guillot et exécutées dans la

perfection par la maison Émile Muller et Cie, d'Ivry-Port. L'importance de ces frises, la difficulté de leur exécution rehaussent encore plus, s'il était nécessaire, l'œuvre de l'usine d'Ivry.

A la même porte Binet, une frise d'animaux en grès flambé décore la base des pylônes : elle a été exécutée par M. Bigot, céramiste très distingué, l'un des maîtres du grès en France. A l'est de la tour Eiffel a été édifié, sur les plans de M. G. Rives, architecte, le pavillon du Touring-Club de France. La totalité de la construction est en terre cuite, émaillée de couleurs chatoyantes. Cette élégante construction a été exécutée en moins de trois mois dans son entier, depuis la constitution des modèles jusqu'à la pose des pièces, par les établissements céramiques Gilardoni fils, A. Brault et Cie, de Choisy-le-Roi.

A l'hémicycle d'entrée de l'Exposition, du côté du dôme des Invalides, en face des beaux Palais dus à l'architecte Tropey-Bailly, la maison H. Boulenger et Cie, de Choisy-le-Roi, nous a montré une très belle fontaine, exécutée d'après les maquettes du sculpteur Madrassi. Cette fontaine, d'un effet très agréable, renfermait des éléments d'exécution très difficile, mais fort bien réussis.

A Paris, sur les grands boulevards, la maison Janin frères et Guérineau, de l'avenue de Choisy, a exécuté un ensemble très réussi de construction céramique à la brasserie Pousset, sous la direction habile de M. Niermans, architecte. Les motifs de décoration, chapiteaux, clefs de voûte, retombées ou sommiers d'arcs, sont établis en art moderne et couverts de métallisations ; les briques-voussoirs des arceaux sont en grès flambé. L'ensemble est très agréable à la vue et les produits sont de très belle et très bonne fabrication.

L'application des moyens décrits pour la décoration intérieure des bâtiments n'a pas moins d'importance. C'est ainsi qu'on est parvenu à sortir de la banalité en créant des cheminées en grès ou terre cuite flambés dont les maisons Émile Muller et Cie, et Gilardoni, Brault et Cie, de Choisy-le-Roi, se sont fait une grande spécialité.

Pour la décoration des façades de bâtiments, dans leurs parties extérieures, pour la décoration plutôt des parties attenantes aux bâtiments, telles que loggias, cours ou pelouses, la céramique trouve un moyen nouveau dans l'application du grès flambé ou de la terre cuite flambée ou émaillée. C'est ainsi qu'on a vu à l'Exposition des vases énormes ayant 3,50 *m* chacun de hau-

teur, construits pour ainsi dire de toutes pièces. Dans les huit qui figuraient dans l'hémicycle du fond de l'Esplanade des Invalides, autour de la grande fontaine de la faïencerie de Choisy-le-Roi, il y en avait deux flambés et six émaillés. Afin d'obtenir un effet certain, la Maison Gilardoni, Brault et C[ie], de Choisy-le-Roi, qui les a créés et exécutés, a eu l'idée de séparer du corps même du vase toutes les parties ornementales qui devaient avoir une couleur de flambé nettement tranchée du fond général. Les ornements avaient donc été moulés, cuits, émaillés et flambés séparément, puis montés et boulonnés par l'intérieur sur la panse elle-même qui avait été établie d'autre part. Ces vases étaient, par suite, constitués par les pièces séparées suivantes :

Le pied, la panse, le col de buire, l'anse avec la cariatide d'avant, les macarons des côtés et les éléments des cadres décoratifs.

Une difficulté spéciale se présentait pour ces vases, c'était l'instabilité relative de l'ensemble, surtout que ces pièces étaient au contact du public. De plus, le poids lui-même ne laissait pas que d'être dangereux : ils ne pèsent, en effet, chacun, pas moins de 1 *t*. Il a fallu suspendre les panses au moyen d'une traverse boulonnée sur un chandelier vertical formé de deux fers à U, assemblés dos à dos. Ce chandelier portait un large patin reposant sur le trottoir, tandis qu'un prolongement des fers verticaux était scellé dans la maçonnerie de base. De sorte que toute la partie supérieure était supportée par l'âme en fer verticale qui traversait l'ensemble du vase, le pied ne portant que juste ce qu'il fallait du poids pour éviter tout balancement. De cette façon, les coffres en bois formant socles ne participaient pas à la charge de la masse supérieure.

Nous nous garderons bien d'omettre la grande frise en grès du Grand Palais des Beaux-Arts. Elle est due à la manufacture de Sèvres. Cette manufacture nationale nous paraît avoir fait un pas considérable en avant en se mettant au niveau des recherches à la mode : sa porte (?) de grès est remarquable comme produit. On pouvait la voir à gauche dans la grande avenue de l'Exposition aux Invalides. Il a été facile de constater en examinant les pièces avec soin combien il est peu commode de réaliser des alignements normaux avec des produits cuits à très haute température et, par suite, déformés. C'est là l'écueil éventuel que nous avons signalé plus haut.

5° Carreaux de revêtement et de dallage.

Nous avons à dessein réuni ces deux genres de carreaux, non que leur emploi soit identique, les uns sont pour les sols, les autres pour les murs, mais uniquement parce que leurs modes de production ne sont mécaniquement ni céramiquement pas très différents. Le principe de la production à sec est à peu près général.

Le carreau doit réunir, pour le revêtement des murs, des qualités extrêmement nombreuses : il doit être solide tout en restant poreux, il doit être parfaitement plan, il ne doit comporter aucun défaut, ni tache, ni écornure, ni arête adoucie, ni surcharges d'émail. Les deux plus grosses difficultés, quand il s'agit de carreaux blancs, consistent essentiellement dans l'uniformité de la couleur et dans l'exemption absolue de toute piqûre ou de toute tache. Le carreau courant irréprochable n'a d'ailleurs pas une valeur marchande bien supérieure à un carreau légèrement grisé ou même légèrement taché.

Une qualité indispensable, avons-nous dit, pour un carreau, est sa parfaite rectitude. Il ne faudrait pas songer, pour une fabrication active importante, à faire usage de plaques de terre molle ou demi-dure qu'on presserait dans un moule. Au démoulage d'abord, puis à la sèche, la pièce se gondolerait et on obtiendrait des surfaces absolument inacceptables ou, tout au moins, serait-on contraint, pour parer à la déformation, de donner à des carreaux ainsi fabriqués une épaisseur considérable peu en rapport avec les exigences d'une pose effectuée en verticale.

Aussi emploie-t-on un autre procédé donnant des résultats parfaitement rigoureux et continus : on fait sécher la pâte à carreaux, puis on la broie et enfin la poudre ainsi obtenue est mise dans des moules métalliques fermés où on la comprime au moyen d'un piston. Après quoi, on démoule un produit sec suffisamment résistant pour subir la manipulation.

A ce simple énoncé, on serait tenté d'inférer qu'il n'y a rien de plus simple que cette fabrication. Eh bien, il y a lieu de se détromper : il n'y a rien en céramique de plus difficile à réaliser, d'abord parce que les produits doivent être parfaits ou presque, ensuite parce qu'ils doivent être très bon marché.

La première des conditions pour faire de bons carreaux de faïence est d'avoir une pâte parfaitement bien constituée au point de

vue chimique et physique à la fois; il faut, en effet, que cette pâte ait les propriétés suivantes :

1° Qu'elle soit bien uniforme de teinte et dépourvue de taches;
2° Qu'elle soit parfaitement blanche après la cuisson;
3° Que son point de cuisson en biscuit soit assez élevé pour qu'à la cuisson d'émail le carreau ne subisse plus de modification chimique ni physique;
4° Que le retrait soit maintenu entre certaines limites de façon que le degré de dilatation ne soit pas trop variable pour deux retraits voisins de quelques dixièmes de millimètres;
5° Que le gauchissement ne puisse se produire;
6° Que la composition chimique de la pâte permette une porosité suffisante pour assurer l'assiette des carreaux sur les enduits de plâtre ou de ciment;
7° De plus il faut que cette composition chimique soit telle que la majorité des émaux assez différents s'accordent avec la pâte.

Comme on voit, les conditions à remplir pour la pâte sont très nombreuses, mais il y en a d'autres, au point de vue mécanique, qu'il faut respecter pour ne pas perdre le bénéfice des qualités de la pâte par l'effet d'un moule mal compris ou vicieux. Il y a là une question de longue pratique qui relève plus du mécanicien que du céramiste.

Quoi qu'il en soit, les pâtes le plus généralement admises pour la fabrication des carreaux sont constituées par des mélanges en proportions *extrêmement variables* de sables blancs, siliceux, feldspathiques ou kaoliniques, d'argiles blanches à faïence, de kaolins et souvent de feldspath, de chaux carbonatée et de silice grillée. On assure la blancheur de la pâte en annulant la coloration de l'oxyde de fer contenu dans les éléments du mélange par une addition d'un colorant bleu très dilué, constitué par un mélange fritté à chaud puis broyé d'oxyde de cobalt, de cristal, de soude et d'oxyde de zinc. Il y a d'autres compositions qui remplissent le même but.

Les matières à broyer (sables) sont mises soit sous des meules humides, soit dans de grands cylindres, dits alsings, garnis intérieurement de silex. Des galets de mer et de l'eau complètent le chargement. L'appareil Alsing est mis en rotation et, sous l'effet de la chute successive des galets, le broyage se produit. Un alsing de 1,60 *m* de diamètre et de 1,60 *m* de longueur contient normalement 700 à 750 *kg* de sables divers, 500 à 600 *l* d'eau et

700 à 800 *kg* de galets de mer. La force pour la rotation est d'environ 5 *ch*. Au bout de cinq à six heures de *tournage* on a un lait de sables qu'on tamise à un numéro de tamis en rapport avec les nécessités de la pression à sec.

Les terres, argiles, kaolins, sont dilués d'autre part au moyen d'eau dans des barboteurs. On opère le mélange de laits de sables et de laits d'argiles dans les proportions voulues pour la composition. Puis le tout est envoyé par des pompes à membranes dans des filtres-presses qui laissent des gâteaux de pâte à 20 ou 25 0/0 d'eau environ.

Ces galettes sont séchées fortement puis désintégrées au moyen d'un appareil centrifuge quelconque. La poudre obtenue renferme alors une quantité d'eau peu perceptible, mais suffisante pour faciliter l'agglomération des particules terreuses sous l'effet de la compression. L'humidité contenue à ce moment varie entre 5 et 7 0/0 d'eau dans la masse.

La compression se fait dans des moules constitués par des côtés verticaux métalliques assemblés. Le fond du moule est formé par un piston au-dessus duquel la poudre est entassée. Un piston supérieur placé à l'extrémité d'une vis à plusieurs filets vient appuyer la poudre et finalement il reste, après le relevage du piston supérieur un carreau qu'on sort du moule en remontant le piston formant le fond.

Le mouvement du piston supérieur de pression peut être donné soit par un volant mû par un homme, soit mécaniquement au moyen de frictions.

Le piston du bas est actionné par pédale et levier par le presseur de carreaux.

Une bordeuse, chargée d'enlever les bavures et d'empiler les carreaux, complète l'équipe.

Voici quelques chiffres de production :

Un presseur, aidé par un homme conduisant le volant et par une bordeuse, produit normalement et couramment 1 800 carreaux de 15 *cm* en dix heures. Ce chiffre représente par jour un poids de terre en poudre de 930 *kg* de carreaux. La moyenne de journée du presseur est, dans ces conditions de marche, environ 7,60 *f*. Ce métier nécessite des ouvriers très soigneux et intéressés au bon résultat.

Après un séjour de quelques jours dans un séchoir à température invariable, les carreaux sont placés dans des cassettes, sortes

de boites en terre réfractaire destinées à garantir dans le four les produits à la fois de la flamme et de la fumée.

Les fours sont constitués par une grande enceinte circulaire, de diamètre et hauteur variables, pourvus tout autour d'un nombre d'alandiers suffisant pour assurer dans le four une égalité sensible de flammes en tous points. Les flammes montent verticalement, sont renvoyées du haut en bas par la voûte supérieure et, passant entre les piles de cassettes superposées, viennent s'échapper vers le centre du four dans une grande chambre inférieure formant globe en dessous de la sole.

La cuisson de biscuit se conduit d'abord très lentement par un petit feu prolongé en atmosphère fumeuse, puis après trente-huit à quarante heures on passe au grand feu. Celui-ci exige de grandes précautions sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister beaucoup. Le refroidissement doit être très lent afin d'obtenir une certaine régularisation du retrait en tous les points du four.

Enfournement, cuisson, refroidissement et défournement d'un grand four contenant 145 000 pièces de dimensions ordinaires exigent 21 jours. Le charbon brûlé est d'environ 500 *f* par fournée.

Une fois cuit, le carreau est décoré ou émaillé. L'émail est constitué comme il a été dit au sujet de la brique. On trempe le carreau ou on l'arrose régulièrement et on le cuit soit verticalement, soit à plat dans des cassettes, en ayant soin de toujours séparer les pièces pour qu'elles ne se touchent pas entre elles. On dispose de réglettes et pernettes spéciales pour faire des touches invisibles sur les parties émaillées.

Nous ne citerons que pour les rappeler les divers genres de décors employés pour les carreaux :

L'impression, obtenue par décalcomanie à l'encre grasse sur le biscuit qui est préalablement mouillé avant l'émaillage ;

Le cloisonné à la main, avec remplissage au moyen d'émaux de couleur, cuits en cassettes dans des fours semblables à celui décrit plus haut.

Le cloisonné à émaux reliefs. Le curieux de cette décoration est qu'elle est effectuée par des apprenties ayant de treize à quinze ans au plus. L'effet en est tout de même très suffisant.

L'art nouveau fleurit aussi très largement dans le décor mural ; mais, à l'inverse de ce que nous disions pour son emploi en architecture : ici il y a lieu de se féliciter des moyens nouveaux

que cette propension artistique vient nous apporter. Le dessin à plat n'a plus les nécessités constructives et de stabilité qui oppriment la sculpture. Ici la fantaisie est admise et la stylisation des ornements floraux, par exemple, est susceptible d'être raisonnable.

Avant de terminer, nous désirerions donner notre impression relativement à la coopération de l'Ingénieur dans l'industrie de la céramique. Autrefois, cette partie de l'industrie nous était complètement fermée : c'étaient quelques familles seulement qui avaient le monopole de fabrication de la céramique ; ce monopole, elles le gardaient avec grand soin, laissant dans le secret le plus complet les méthodes ou les tours de main. C'est même, croyons-nous, ce qui explique la lenteur avec laquelle la céramique a marché. Mais, aujourd'hui, cette industrie a fini par s'ouvrir : les éléments scientifiques sont entrés en ligne de compte ; les pères ont fait entrer leurs fils dans les écoles, les Ingénieurs ont alors pénétré dans les usines. Il y a de ce côté, pour notre partie, un champ nouveau qui s'ouvre plus largement de jour en jour. Mais il y a lieu d'observer que c'est seulement avec une pratique de quelques années que l'Ingénieur commence à ne pas se trouver dépaysé dans la céramique : il lui faut un certain temps pour s'assimiler ce qu'il a vu et le faire cadrer avec les données technologiques qu'il possède dans son bagage scientifique. Il serait à désirer que, dans nos écoles, on nous donnât un peu plus que des notions de la céramique, qu'on nous fît procéder aux essais pratiques comparatifs qui permettraient à chacun de faire par lui-même la différence entre les produits. La pratique de l'usine compléterait plus tard.

LES FORCES MOTRICES

DU

HAUT RHÔNE FRANÇAIS

PAR

M. E. CARBONEL

Le *Bulletin* de la Société des Ingénieurs Civils du mois d'août 1900 contient sur : *Les Forces motrices du Haut Rhône Français* une notice de M. F. BONNEFOND, que nous croyons intéressant de compléter.

Il convient de rappeler tout d'abord les noms de ceux qui se sont signalés par leurs recherches sur l'utilisation du Rhône, au point de vue de la navigation et du côté industriel, et qui doivent être considérés comme les devanciers des promoteurs des projets faisant actuellement l'objet d'une enquête administrative.

Un des ouvrages les plus intéressants publiés à ce sujet date déjà de 1843; il est dû à la plume compétente de M. L.-L. VALLÉE, Inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées.

Dans sa publication *Du Rhône et du lac de Genève*, M. L.-L. Vallée se préoccupait de la navigabilité du Haut Rhône et il étudiait les divers systèmes d'écluses et de barrages que l'on pouvait construire sur le Rhône.

Il est curieux de constater que, déjà à cette époque, il avait pressenti le type de barrage qui a été exécuté en 1896, à la Perte du Rhône de Bellegarde, par MM. TURQUOIS et BERGERON, pour le compte de la *Rhone Land et Water Power C°*, et que M. Bonnefond vient de faire adopter dans le projet du Pont de Grésin, auquel il collabore.

Malgré ses vues d'avenir, M. L.-L. Vallée ne put faire prévaloir ses idées, et il nous faut attendre l'année 1871 pour voir l'attention de nouveau attirée sur le Haut Rhône.

A cette époque, les industriels d'Alsace cherchaient sur le sol français une localité où ils pourraient transporter leurs usines. Une Société fut constituée à Bellegarde pour la création d'une usine hydraulique qui devait distribuer la force par transmission télédynamique.

Une concession sur le Rhône avait été demandée par MM. Lomer et Ellershausen et, le 31 mai 1871, elle leur était accordée par un décret ministériel signé de M. A. Thiers, chef du Pouvoir exécutif.

L'usine fut installée au confluent du Rhône et de la Valserine; elle était alimentée par une dérivation d'eau avec prise à l'amont de la Perte du Rhône et adduction par un tunnel d'amenée d'environ 500 *m*.

L'insuffisance de la prise d'eau et l'état précaire de la transmission télédynamique ne purent assurer aux industriels une livraison de force suffisante ou assez régulière, et la Société créée ne tarda pas à entrer en liquidation pour tomber aux mains d'une Société anglaise qui dut se liquider elle-même en laissant plusieurs millions de passif. Elle finit pourtant par se reconstituer sous le nom de la ***Rhone Land Water Power C°***.

Cette Société remplaça la transmission télédynamique par une transmission électrique. Mais l'électricité était encore dans son enfance, et il ne lui fut pas permis de recouvrer les pertes des années précédentes.

C'est alors qu'en 1898 cette Société entra à son tour en liquidation et que son actif fut racheté par la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône, dont le siège social est à Paris, 73, boulevard Haussmann.

Et ici, nous nous permettrons de signaler une erreur et une omission de M. Bonnefond.

Il parle d'une Société anglo-suisse qui utiliserait 10 000 *ch* à Bellegarde, alors qu'il n'existe aucune Société semblable, et il omet non seulement de parler de la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône, mais il paraît ignorer ses projets d'agrandissement, qui font l'objet d'une instance auprès des Pouvoirs publics.

Il est vrai que ces agrandissements sont à l'encontre du projet de la Boucle du Rhône.

Pour être complets, nous devons ajouter que cette Société Française a développé et perfectionné notablement les installations qu'elle avait reprises, et qu'elle utilise actuellement la totalité des 60 m^3 d'eau qui avaient été accordés à ses prédécesseurs en 1871.

Et c'est précisément cette utilisation totale, qui lui fait solliciter de l'État l'autorisation de capter un plus grand nombre de mètres cubes d'eau pour répondre aux besoins industriels qu'elle a à satisfaire.

Pour comprendre la situation, rappelons, comme le fait M. Bonnefond, que le Haut Rhône peut être subdivisé en trois parties susceptibles de donner lieu chacune à une usine hydraulique indépendante : en amont, le projet du Pont de Grésin, présenté par MM. Buffaud et Tavian; en aval, celui de Malpertuis *ef*, présenté par MM. Planche et Cie, et au centre, celui de la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône, présenté en concurrence à celui de la Boucle du Rhône.

La priorité de cette subdivision revient, d'ailleurs, à M. Mermier, qui l'avait indiquée il y a quelques années, dans un remarquable travail.

Ne considérant pour le moment que la partie centrale, nous devons signaler les avantages que présente, au point de vue technique, le projet de la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône, comparé à celui de la Boucle du Rhône, dont parle exclusivement M. Bonnefond.

Ce dernier projet ne s'applique qu'à l'excédent des eaux, au delà des 60 m^3 déjà concédés à la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône.

Il utilise cet excédent en le dérivant par un tunnel *cd* et en le déversant en *d* passablement en aval de la restitution actuelle de la Société Française *b*.

De sorte que, sur le parcours du Rhône *bgd*, on perdrait le bénéfice à retirer des premiers 60 m^3 déjà concédés à la Société Française.

Ajoutons que, sur cette partie, les eaux de la Valserine viennent se joindre à celles du Rhône et qu'elles échapperaient également à toute utilisation.

Il en est tout autrement avec le projet de MM. Planche et Cie, demandeurs en concession du palier inférieur. Ils font remonter leur remous jusqu'à la restitution d'eau *b* de la Société Française et ils évitent ainsi les pertes de force qu'entraînerait forcément le projet de la Boucle du Rhône.

Il en résulte que les demandes de concessions présentées par MM. Planche et Cie et par la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône sont celles qui utilisent le plus complètement et le plus judicieusement les forces naturelles et que, par suite, ce sont elles qui sauvegardent le mieux l'intérêt général.

Nous devons encore attirer l'attention sur le chiffre des 150 m^3 auxquels M. Bonnefond évalue le débit minimum du Rhône.

Nous ne connaissions jusqu'ici que celui de 120 m^3 qui a été indiqué par la Ville de Genève comme devant être réalisé lorsque les remarquables travaux auxquels préside M. Th. Turrettini auront reçu leur complet développement : mais, en attendant, il faut s'attendre à voir ce minimum descendre l'hiver à 100 m^3, pendant plusieurs semaines, et cela mène loin des chiffres de puissance qui figurent dans le *Bulletin* du mois d'août 1900.

Il est, en outre, un facteur qui a été passé sous silence et qui ne peut être négligé lorsqu'on parle de travaux à exécuter dans le lit du Rhône, dans la région de Bellegarde.

La nature de ce lit est très spéciale; et il ressort de toutes les constatations faites, que les eaux se sont partiellement créé un lit souterrain, comme en témoignent la Perte du Rhône et le Pas de Malpertuis. Il est possible qu'ainsi une partie des eaux échappe à toute captation, et nous estimons qu'il convient d'être très réservé à l'égard du minimum de débit sur lequel on peut compter à toute époque de l'année.

Quant au projet d'aval, dit de Malpertuis, élaboré par MM. Planche et Cie, rappelons qu'il y a déjà près de dix ans une première demande avait été déposée, en vue de l'alimentation de Lyon en énergie électrique.

Il avait même été question un moment d'exécuter ce projet à la place ou en concurrence de celui du Jonage, qu'à réalisé, depuis, la Société des Forces motrices du Rhône, à Lyon.

Les difficultés, que l'on éprouvait à cette époque dans le transport électrique, avaient empêché d'y donner suite, mais les derniers progrès réalisés permettent de l'envisager de nouveau avec la plus grande confiance.

Il résulte, dans tous les cas, de ce qui précède, que la question de l'utilisation du Haut Rhône présente le plus grand intérêt, et qu'elle vient d'entrer dans une phase décisive.

Nous avons pensé qu'il convenait de signaler à la Société des Ingénieurs Civils les précurseurs de cette utilisation, les efforts tentés jusqu'à ce jour et les résultats déjà obtenus par la Société Française des Forces hydrauliques du Rhône.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Alfred D'YOCHET

PAR

M. A. MALLET

Nous nous faisons un devoir de consacrer ici quelques lignes à la mémoire d'un Collègue qui avait su s'acquérir les sympathies les plus vives de tous ceux qui ont eu des rapports avec lui, bien qu'une excessive modestie ne laissât peut-être pas suffisamment ressortir les qualités très réelles qui le distinguaient.

Alfred d'Yochet était né à la fin de 1839, à Pipriac (Ille-et-Vilaine. Il fit ses études au collège de Carentan et, après leur achèvement et sans autre préparation, il dut aller assister son père qui, entrepreneur de sondages, s'occupait de recherches de houille dans le nord de la France et la partie voisine de la Belgique.

Le jeune homme se mit immédiatement à la tâche, n'épargnant pas ses peines et travaillant avec persévérance dans des conditions pénibles et souvent assez fâcheuses pour avoir exercé sur sa constitution un peu délicate une influence dont il se ressentit toute sa vie et qui contribua même, peut-être, à sa fin prématurée.

Cette circonstance, jointe à des raisons de divers ordres, le déterminèrent à chercher une autre voie et il entra, en 1865, au dépôt de Paris de la fabrique de Grafenstaden. Cette maison, fondée en 1838, s'était établie dans la localité de ce nom, près de Strasbourg, sur l'Ill, qui fournissait une force motrice assez importante, mais devenue rapidement insuffisante, dans le but de fabriquer des articles de consommation courante, bien qu'exigeant une construction soignée, tels que bascules, crics, etc., elle ne tarda pas à joindre à cette industrie celle des machines-outils qui lui procura, comme la première du reste, une grande réputation et arriva bientôt à étendre son activité à presque toutes les branches de la construction, y compris celle des wagons et des locomotives.

La Société de Grafenstaden ayant à Paris une clientèle très importante, y avait établi, rue du Petit-Carreau, un dépôt pour la vente de ses appareils de levage et de pesage ; c'est là que débuta notre Collègue qui se fit bientôt distinguer par ses chefs pour son activité et son intelligence.

Après la guerre de 1870, la Société de Grafenstaden se réunit à la maison bien connue André Kœchlin et Cie, de Mulhouse, pour former la Société Alsacienne de construction mécanique qui ajouta aux deux ateliers déjà existants une nouvelle usine très importante à Belfort.

Notre Collègue resta au dépôt de Paris dont il ne tarda pas à devenir le chef et qui fut transféré avenue Parmentier, puis il fut nommé, en 1887, fondé de pouvoirs de la Société Alsacienne, à Paris, avec les attributions les plus diverses et les plus étendues, situation qui le mettait en rapports constants avec les diverses administrations de l'État, les chemins de fer, etc., rapports dans lesquels un grand nombre de nos Collègues ont pu apprécier la correction, la courtoisie et la parfaite connaissance des affaires que montrait d'Yochet. Hâtons-nous de dire que ses services ont toujours été dignement appréciés par la Société Alsacienne qui lui en donna tout récemment un éclatant témoignage en lui faisant décerner une médaille d'or de collaborateur à l'Exposition de 1900.

Au milieu de ses occupations si variées, d'Yochet conservait toujours une prédilection marquée pour les appareils de levage et de pesage avec lesquels il avait débuté ; sans être un technicien d'éducation, il s'était vite assimilé tous les détails de construction de ces engins et pouvait en raisonner avec les ingénieurs et même les savants, par exemple Tresca qui l'avait en grande estime. Il se préoccupait des améliorations à leur apporter et c'est, croyons-nous, par son initiative, que la Société Alsacienne fut amenée à faire d'assez nombreuses applications de l'ingénieux dispositif de sûreté pour crics, imaginé par notre Collègue, M. Dubois, Ingénieur aux Chemins de fer de l'Ouest.

D'Yochet était avant tout un homme de devoir, toujours au travail, ignorant les congés, se dépensant sans compter. La nature, qui reprend toujours ses droits, l'avait averti plusieurs fois inutilement. Depuis plusieurs années sa santé s'était altérée, des crises de plus en plus fréquentes se déclaraient, c'est à peine s'il interrompait ses occupations, car tout ce qu'on pouvait obtenir de lui sous forme de repos, c'était de se borner à travailler à la

maison. Enfin il succomba au mal le 23 octobre dernier après une très courte agonie, quelques instants à peine après avoir posé la plume et cessé de s'entretenir de questions touchant les intérêts de sa Compagnie.

Notre Collègue avait été reçu Membre de la Société en 1881, il ne pouvait suivre ses travaux autant qu'il l'eût désiré, mais il s'y intéressait et contribuait à sa prospérité dans la mesure du possible, c'est-à-dire en s'associant efficacement au recrutement.

La conviction qu'il a été apprécié et estimé de tous ceux qui l'ont connu au cours d'une carrière si bien remplie et qu'il emporte leurs regrets unanimes dans la tombe sera, nous osons l'espérer, pour sa veuve et son fils, un adoucissement à leur légitime douleur.

CHRONIQUE

N° 251.

SOMMAIRE. — Les machines élévatoires de Coolgardie. — La machine compound de Rœntgen à l'Exposition de 1900 *(suite)*. — Nouveau bateau automoteur à pétrole. — Système d'ancrage pour bouées et corps morts. — Tunnel du Simplon. — Lumière artificielle ayant les mêmes caractères que la lumière du jour *(complément)*. — L'exportation des charbons américains.

Les machines élévatoires de Coolgardie. — Nous avons parlé dans les Informations techniques d'avril 1900 (deuxième quinzaine) des travaux gigantesques entrepris pour amener de l'eau dans le district de Coolgardie, dans l'Australie occidentale, district dans lequel se trouvent des exploitations aurifères très importantes. Nous ajoutions que des soumissions avaient été demandées pour la fourniture des machines élévatoires.

Ces appareils ont été adjugés à la maison James Simpson et C[ie], de Pimlico, près Londres. Le contrat autorise ces constructeurs à acheter à la Compagnie Worthington la moitié au plus de la quantité de machines nécessaires. Voici un extrait de la spécification annexée au marché, spécification rédigée par l'Ingénieur en chef de la Compagnie de Coolgardie, M. Ch. G. O'Connor, extrait qui est donné par l'*Engineering News*.

Nous rappelons que la conduite aura 523 *km* de longueur, elle est divisée en huit sections, dont chacune a en tête une station élévatoire.

Les quatre premières stations auront une capacité de 25 000 m^3 par jour, sous une charge totale de 137,50 *m*. Les quatre autres stations devront pouvoir élever par jour le même volume sous une charge de 71,70 *m*.

Voici les conditions principales du cahier des charges :

Chacune des quatre premières stations élévatoires comprendra trois groupes de machines dont chacune devra pouvoir fournir la moitié du volume total, deux groupes devront donc donner ce volume sous une charge de 137,50 *m*. Les quatre autres stations contiendront chacune deux groupes de machines pouvant fournir chacune le volume total sous une charge de 71,70 *m*. Chaque groupe de chaque station devra, en cas de besoin, pouvoir fournir la moitié du volume total sous la charge de 137,50 *m*.

Chaque groupe de machines comprend une chaudière, une paire de machines à trois cylindres et une paire de pompes à double effet à deux plongeurs (1) avec tous les accessoires nécessaires au fonctionnement des appareils.

Les machines auront des condenseurs à surface et des pompes à air

(1) Ce que nous appelons pompes Girard.

commandées par elles. Les chaudières seront du type Babcock et Wilcox à eau dans les tubes. Les machines et chaudières sont interchangeables.

Chacune des vingt machines comprend deux cylindres à haute pression d'au moins 16 pouces (0,405 *m*) de diamètre, deux cylindres intermédiaires d'au moins 25 pouces (0,635 *m*) et deux cylindres à basse pression d'au moins 46 pouces (1,169 *m*) de diamètre, la course commune étant d'au moins 36 pouces (0,915 *m*). Les plongeurs des pompes des quatre premières stations auront au moins 42 1/2 pouces de diamètre et ceux des quatre autres au moins 20 1/4 (0,515 *m*).

La vitesse normale des pistons sera de 150 pieds ou 25 tours par minute, ce qui représente 0,76 *m* par seconde.

Tous les cylindres, y compris les fonds et plateaux, seront munis d'enveloppes alimentées par la vapeur de la chaudière sans circulation. Les cylindres à basse pression auront des soupapes d'échappement à buttoirs pour régler la compression et la longueur de la course des pistons. Les deux extrémités de chaque cylindre auront des plateaux démontables pour qu'on puisse visiter les pistons et changer les segments de ceux-ci sans toucher aux autres cylindres.

L'admission et l'échappement se feront par des organes Corliss avec commande facile à surveiller et à graisser. Ces obturateurs seront disposés de manière à réduire au minimum les espaces nuisibles. Ils seront mus par des plateaux oscillants actionnés par la machine parallèle à celle à laquelle ils appartiennent. Les obturateurs placés sur les cylindres serviront à la fois à l'admission et à la détente; toutes les articulations auront des moyens de serrage. La détente devra pouvoir être réglée à la main pendant la marche de la machine. Les divers obturateurs devront pouvoir être placés et réglés, démontés et remplacés indépendamment des autres et sans qu'on soit obligé de toucher aux enveloppes des cylindres.

On emploiera la disposition de compensation de Worthington dite *high duty*, pour emmagasiner l'excès d'effort de la vapeur sur les pistons au commencement de la course.

Toute l'eau élevée par chaque machine passera dans un condenseur à surface placé à côté du tuyau général d'aspiration de la machine. Les pompes à air seront verticales et à double effet placées au-dessous du condenseur à surface et actionnées par des balanciers portés par l'arbre oscillant servant à la distribution. Les pompes alimentaires accolées à chaque machine prendront l'eau dans la bâche du condenseur.

Les chaudières fonctionneront sous une pression de 170 livres par pouce carré (12 *kg* par centimètre carré); elles devront avoir au moins un pied carré de surface de chauffe pour chaque 2 1/2 livres de vapeur consommée par heure, ce qui correspond à une production de 12,2 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Les grilles seront disposées pour brûler du charbon de Collie, ayant une capacité de vaporisation de 6 1/2. La proportion du vide au plein dans les grilles devra être d'environ 1 à 1 1/2.

Il sera adjoint aux chaudières des surchauffeurs pouvant élever de 66° C. la température de la vapeur, des économiseurs avec tuyaux en

fonte et des séparateurs d'eau entraînée. Un extracteur de graisses sera installé à chaque station.

Le rendement aux essais devra atteindre 135 millions de livres-pieds de travail effectif par millions d'unités thermiques anglaises délivrées à la machine et qui ne retourneront pas à la chaudière dans le fonctionnement courant. Ces chiffres équivalent en mesures métriques à 75 *kgm* par calorie. Le rendement combiné des pompes, machines et chaudières, ne devra pas être inférieur à 135 millions de livres-pieds par 100 livres de charbon de Collie ayant un pouvoir calorifique de 10 000 unités thermiques anglaises par livre, ce qui correspond à un rendement de 411 000 *kgm* par kilogramme, d'un charbon donnant 5 500 calories par kilogramme, ou encore à une consommation de 0 65 *kg* de ce charbon par cheval en eau montée.

L'essai de puissance sera effectué avec de la vapeur à la pression de 10,5 *kg*. Ces appareils devront pouvoir faire le travail spécifié à cette pression à la chaudière et avec une expansion donnant une pression finale de la vapeur ne dépassant pas 6 1/2 livres par pouce carré, soit 0,45 *kg* par centimètre carré.

La machine compound de Rœntgen à l'Exposition de 1900 *(suite)*. — Une autre particularité qui est indiquée sur le dessin n° 4 est la présence autour de la base de la cheminée d'une double enveloppe servant de réchauffeur d'eau d'alimentation. On sait que trente ans plus tard, cette disposition fut appliquée sur une partie des cheminées du *Great Eastern*, et qu'au premier essai du navire, en septembre 1859, une de ces enveloppes fit explosion en tuant ou blessant plusieurs personnes (Chronique de janvier 1892, page 110).

Il y avait en 1828 à Fijenoord, un Ingénieur anglais du nom de Nicolas Harvey. Dans une notice nécrologique sur cet Ingénieur, né en 1801 et mort en 1861, notice insérée dans le volume XXI de l'*Institution of Civil Engineers*, on lui attribue la première application de la forme de réchauffeur d'eau d'alimentation qui vient d'être mentionnée, application faite en Hollande. Cet Harvey était un neveu de Trevithick, il avait fait ses débuts à Hayle Foundry avec son oncle et Woolf et avait travaillé à la construction des machines à double cylindre de celui-ci. Il n'y aurait, à notre avis, rien d'étonnant à ce que ce fût lui qui eut attiré l'attention de Rœntgen sur l'avantage de la machine à double expansion. Vers 1833, Harvey quitta Fijenoord pour aller diriger à Sterkrade la construction des bateaux à vapeur. Nous verrons plus loin qu'on fit dans cet établissement plusieurs machines dans le système à haute et basse pression de Rœntgen.

On peut se rendre un compte approximatif de la puissance développée par la machine modifiée de l'*Hercule*. Avec une pression à la chaudière de 5 *kg*, une admission à 80 0/0 de la course aux cylindres HP, correspondant, avec un rapport de volumes de 3,5, à une expansion totale de 4,5 volumes et une allure de marche normale à 20 tours par minute donnant une vitesse d'environ 1 *m* par seconde aux pistons HP, le travail brut sur les pistons devait représenter de 300 à 350 *ch*. Il ne faut pas perdre de vue que, dans ces premières machines,

la distribution de la vapeur était assez défectueuse; l'introduction au cylindre BP, avait lieu pendant toute la durée de la course de ce piston (1) à l'imitation de ce qui avait lieu dans les machines de Woolf; il en résultait une chute considérable de pression entre les cylindres, et la machine à basse pression faisait relativement peu de travail. Il y avait, de plus, des causes importantes de refroidissement dans le développement du tuyautage qui ne parait pas avoir été enveloppé, pas plus que les cylindres et le receiver.

Si on calcule le poids de vapeur admis aux cylindres HP dans les conditions indiquées ci-dessus et qu'on l'augmente de 20 0/0 pour tenir compte des condensations à l'admission, on arrive à un poids de vapeur de 5 300 *kg* par heure, représentant, pour 325 *ch*, 16,5 *kg* par cheval-heure. Avec une vaporisation de 6,5 par kilogramme de charbon, le poids brûlé par heure serait de 815 *kg*, soit 2,5 *kg* par cheval-heure. C'était à peu près la consommation des machines fixes de Woolf de l'époque et on conçoit qu'il y eut là une économie notable sur la dépense des machines à basse pression généralement employées alors dans la navigation et qui était de 7 à 8 livres anglaises, soit 3,2 à 3,6 *kg*.

Les dessins des chaudières de l'*Hercule* sont malheureusement trop incomplets pour qu'on puisse apprécier, même approximativement, quelle pouvait être la surface de chauffe, mais on peut voir que les six foyers intérieurs avaient une surface de grille collective de 9 m^2 en nombre rond. La combustion se faisait donc à raison de $\frac{815}{9} = 90$ *kg* par mètre carré et par heure, taux très admissible avec le tirage ordinaire déterminé par une cheminée de hauteur raisonnable.

On nous permettra de placer ici quelques observations sur un point qui présente un certain intérêt au point de vue de l'histoire de la navigation par la vapeur dont les premiers développements sont loin d'être bien connus.

Les renseignements recueillis à Fijenoord semblent indiquer que le cylindre à basse pression de l'*Hercule*, cylindre de 54 pouces de diamètre, provenait de la machine ou plutôt d'une des machines de l'*Atlas*. Ce navire, appartenant au Gouvernement des Pays-Bas, avait été construit en 1826 ou 1827 pour faire le transport de troupes entre la Hollande et ses colonies asiatiques. Il passe pour avoir été de beaucoup le plus grand navire de son époque, mais on a fort peu de renseignements sur sa disposition et surtout sur sa carrière qui parait avoir été très courte. Une note assez succincte insérée dans le *Bulletin des Sciences Technologiques* du baron de Ferussac, tome 9, page 380, se borne à dire que l'*Atlas*, construit en 1825, avait 75 *m* de longueur, 4,80 *m* de tirant d'eau et trois machines d'une puissance collective de 300 *ch* construites à Seraing. Les machines seules avaient coûté 400 000 florins des Pays-Bas. Le navire portait quatre mâts.

(1) Voir Chronique de décembre 1889, page 763. Le rapport d'Émile Kœchlin, présenté à la Société Industrielle de Mulhouse en août 1835, signalait cette défectuosité de la machine de Rœntgen, défectuosité qui était, d'ailleurs, facile à corriger.

Dans une lettre à Davies Gilbert, datée du 9 juillet 1828 (1), Trevithick dit qu'il vient de voir à Rotterdam un grand vapeur de 72 *m* de longueur et 1 500 *tx* de port ayant une machine à trois cylindres de 5 pieds (1,525 *m*) de diamètre et deux autres bateaux plus petits ayant des machines semblables, mais à deux cylindres seulement.

On trouve dans l'ouvrage si curieux de Tourasse et Mellet, *Essais sur les bateaux à vapeur, 1828-1829*, que le vapeur hollandais *Atlas* avait 72 *m* de longueur, 9,15 *m* de largeur, trois machines de 100 *ch* chacune par Cockerill, à Liège. Il y est aussi question d'un autre vapeur hollandais le *Rhin* en construction à Rotterdam et devant recevoir également trois machines.

Une notice sur les établissements de la Société Cockerill, parue à Liège en 1883, indique que, de 1824 jusqu'à la révolution belge, le nombre des machines à vapeur construites à Seraing s'élève à 158, dont une de 230 *ch* pour la corvette hollandaise l'*Atlas*.

Enfin, le Portefeuille de John Cockerill donne, volume II, planches 156 et 157 (2), les dessins d'ensemble d'une machine à balanciers à trois cylindres pour navires de mer de 350 *ch*. Il n'y a aucun texte qui se rapporte à ces planches. La disposition de cet appareil est originale; deux des machines sont placées parallèlement, une sur chaque bord du navire, et la troisième en sens inverse des autres et dans l'axe longitudinal de la coque. Cet arrangement avait pour but de permettre l'accès facile de chaque machine par le côté. Les trois paires de manivelles faisaient entre elles des angles de 120°. Une particularité, remarquable pour l'époque, de cette machine, est qu'elle avait des balanciers en fer forgé. Malgré l'absence complète de texte, il ne parait pas douteux, d'après la disposition de l'appareil moteur, ses dimensions énormes pour l'époque et la largeur indiquée pour la coque sur les planches du Portefeuille de John Cockerill, que cette machine ne soit celle de l'*Atlas*.

Ceci étant admis, il se présente une difficulté. Les cylindres de la machine figurés dans le Portefeuille ont bien la hauteur ou à peu près du cylindre de l'*Atlas*, tel qu'il est représenté dans les dessins de Fijenoord, mais ils n'ont pas le même diamètre 54 pouces; ils seraient notablement plus petits. De plus, la forme de ces cylindres n'est pas la même; ceux de l'*Atlas* sont représentés avec une enveloppe extérieure partielle assez volumineuse pour l'accès de la vapeur au tiroir; il n'y a rien de ce genre dans le cylindre de l'*Hercule* et cette partie n'est pas de celles qu'on peut faire disparaitre sans altérer profondément l'organe. Par contre, le cylindre de l'*Hercule* porte des pattes qu'on ne trouve pas dans les cylindres de l'*Atlas*. Nous signalons cette difficulté d'explication, qui ne sera probablement jamais levée et qui n'a d'ailleurs, nous nous empressons de le reconnaitre, qu'un intérêt très secondaire.

(1) C'est dans cette lettre que Trevithick parle de son neveu, Nicolas Harvey, Ingénieur à la Compagnie Néerlandaise de Navigation à vapeur (dont Rœntgen était le directeur) et qu'il était allé voir en Hollande.

(2) Par un malheureux hasard, ces planches font partie d'une demi-douzaine qui manquent dans l'exemplaire de cet ouvrage qui se trouve à la bibliothèque de notre Société. Il n'a pas été possible de les faire remplacer.

Il en est de même du motif pour lequel on aurait enlevé à la machine de l'*Atlas* un de ses cylindres, si toutefois cette machine était encore en service alors.

Nous devons rappeler qu'en même temps que la machine de l'*Hercule*, Rœntgen a *compoundé* un autre appareil, celui d'un vapeur appelé *Stad Keulen (la Ville de Cologne)*, en ajoutant également un cylindre à basse pression à deux cylindres à haute pression existant, mais avec cette différence qu'il n'y avait pas de transmission par engrenages. Les trois cylindres agissaient sur le même arbre. Le rapport des volumes était encore de 3,5. Une particularité intéressante de cet appareil était que la pompe à air était placée derrière le cylindre BP et mue par le prolongement de la tige du piston de celui-ci, disposition assez employée depuis pour les moteurs fixes. Cette disposition avait probablement été empruntée à Taylor et Martineau, qui avaient fait patenter quelques années auparavant l'emploi des contre-tiges pour soutenir les pistons de machines horizontales et l'utilisation de ces contre-tiges pour mouvoir les pompes à air et autres. Comme les dessins de ces machines ne figurent pas parmi ceux qui sont exposés, nous nous bornerons à la simple mention qui précède.

II. — Machine du *Mosella* n° 1. — Ce bateau a été construit en 1839 avec une coque en tôle pour la navigation de la Moselle entre Trèves et Coblentz. Le tirant d'eau ne devait pas dépasser 0,50 *m*. Rœntgen avait projeté une machine compound, mais, craignant de dépasser le poids prévu, il pourvut le bateau d'une double machine à haute pression. Il y a donc deux machines semblables, une sur chaque bord du bateau; les cylindres sont inclinés, les arbres en fonte sont très courts et creux, ils portent chacun une roue placée en porte-à-faux, les deux roues étant complètement indépendantes l'une de l'autre. Les tiroirs sont à coquille. il y en a deux par cylindre, un à chaque extrémité; ils sont dans la même boite sur laquelle il y a un tiroir de détente qui se meut sur une plaque percée d'une lumière; ce tiroir est actionné par un excentrique spécial. Les pompes à air sont derrière les cylindres et dans le même axe, leurs pistons sont mus par le prolongement des tiges des pistons à vapeur. Cette disposition avait déjà, comme nous l'avons indiqué, été appliquée par Rœntgen dans la machine du *Stad Keulen*. Les cylindres à vapeur ont 0,36 *m* de diamètre et 1,525 *m* de course.

La chaudière, type locomotive, est installée dans l'axe du bateau entre les deux machines; un ventilateur, actionné par un des arbres des roues, au moyen d'une courroie, envoie de l'air dans le cendrier. La pression de la vapeur est indiquée sur le dessin comme étant de 80 livres, 5,70 *kg* par centimètre carré. Nous n'insisterons pas sur cette machine qui, n'ayant pas la disposition à double expansion, ne présente pas d'intérêt spécial. Il semble que la Société des Chantiers de Fijenoord eût pu facilement choisir dans sa collection un dessin plus utile à la mise en lumière de l'œuvre de Rœntgen.

(A suivre.)

Nouveau bateau automoteur à pétrole. — Nous trouvons, dans les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand*, un article de M. H. Genard, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, contenant des détails très intéressants sur une application du moteur à pétrole à la navigation, application qui paraît avoir eu un réel succès commercial.

Il s'agit d'un bateau construit à Mannheim, au commencement de 1899, pour la maison Hansen et Nuerburg, de Bruxelles, qui s'occupe principalement d'exportation de charbons belges en Allemagne. Ce bateau, entièrement en fer, porte le nom de « Bateau nº 1 du port de Bruxelles » et est le premier d'une série que cette maison se propose de faire naviguer prochainement sur le réseau des voies navigables allemandes, belges, françaises et hollandaises.

Les dimensions principales sont : longueur, 38,70 *m*; largeur maxima, 5,05 *m*; hauteur totale au milieu, 2,28 *m*; tirant d'eau à vide, 0,33 *m* et à charge complète, 2,18 *m*. La différence de tirant d'eau correspond à un port de 326 *t*.

Le moteur, à essence de pétrole, est disposé dans une petite cabine de 3,40 *m* de longueur placée à l'arrière. Il est à deux cylindres, de la force de 10 à 12 *ch* et a été construit aux ateliers Daimler, à Canstatt (Wurtemberg). Ce moteur actionne un arbre horizontal placé dans l'axe du bateau; cet arbre porte un tambour sur lequel s'enroulent cinq courroies, dont quatre actionnent deux à deux deux arbres parallèles placés près du fond du bâteau et portant chacun une hélice à deux ailes de 0,60 *m* de diamètre.

Les courroies, de chaque côté, sont l'une directe, l'autre croisée, de sorte qu'en actionnant l'arbre porte-hélice par l'une ou l'autre, on a la marche en avant ou en arrière. La cinquième courroie sert à actionner à volonté une pompe centrifuge servant de pompe de cale.

La cabine contient, en outre, trois réservoirs à essence, les deux premiers servent d'approvisionnement et contiennent 750 *l* chacun; le dernier sert à l'alimentation automatique du moteur et contient 180 *l*.

Les manivelles d'embrayage des hélices sont sur le pont, de chaque côté de la roue du gouvernail et sous la main du batelier qui conduit le bateau.

Le moteur donne, en eau calme, au bateau, une vitesse de près de 5 *km* à l'heure. Quant à la vitesse commerciale, voici quelques chiffres à ce sujet. Le 1er septembre 1899, le bateau, portant 225 *t* de chargement, a descendu la Sambre, du port du Gouffre nº 3 au rivage de Ham, soit une distance de 24 544 *m* en 12 heures, ce qui donne une vitesse commerciale de 2,045 *km* à l'heure. Si l'on tient compte du passage de cinq écluses à raison de 20 minutes chacune en moyenne, la vitesse ressort à 2,374 *km*.

Le 2 septembre, le bateau a été du port de Ham-sur-Sambre au port de Grognon, à Namur, distance 22 127 *m* en 6 heures 1/2, ce qui donne 3 396 *m* à l'heure, vitesse qui s'élève à 4 278 *m* si on tient compte du temps perdu au passage de quatre écluses. Nous nous bornerons à ces citations.

Depuis que le bateau est en service, le fonctionnement du moteur n'a rien laissé à désirer. Il a coûté 24 930 marks, dont 16 000 pour la coque. Voici quelques renseignements sur la consommation.

En descendant le Rhin en charge de Ruhrort à Hertogenbosch, à la vitesse moyenne de 5 100 *m* à l'heure, la consommation d'essence a été de 116 *l* pour 169 *km* de parcours. En remontant la Sambre à vide, de Namur à Sainte-Marie-d'Oignies, la consommation a été de 39 *l* pour 37 *km*.

Si on suppose seulement une vitesse de 3 *km* à l'heure et un chargement de 255 *t*, l'essence coûtant, rendue à bord, 0,30 *f* le litre, les frais de propulsion ressortissent à $\frac{5 \times 0.30}{255 \times 3} = 0{,}00194$ *f* par tonne kilométrique, non compris les frais de graissage, d'amortissement et de personnel. Ce résultat, entièrement satisfaisant, montre que les bateaux automoteurs à essence de pétrole sont appelés au plus grand avenir, notamment pour la navigation intérieure.

L'auteur ajoute que le succès tient, non pas seulement à l'emploi d'un moteur à pétrole, mais surtout aux dispositions d'ensemble et de détail dans l'étude desquelles est intervenu un praticien fort expérimenté en matière de batellerie, M. Maurice Mudert, entrepreneur de transports à Nancy.

Système d'ancrage pour bouées et corps morts. — Nous trouvons, dans le *Scientific American*, la description d'un système extrêmement simple et ingénieux d'ancrage au fond de l'eau des bouées, corps morts, etc. On emploie un disque en fonte d'un diamètre approprié de 0,25 à 0,60 *m* de diamètre, par exemple, qui porte à son centre un trou de 40 *mm* environ et autour deux ou trois forts anneaux en fer bien encastrés dans la fonte. A ces anneaux s'attachent des chaines. Pour fixer dans le sol ce disque, on le suspend par une chaine passée dans un des anneaux et on passe dans le trou central un tuyau en fer galvanisé de 30 à 40 *mm* de diamètre; à la partie supérieure de ce tube s'ajuste un tuyau flexible en communication avec une pompe foulante placée sur un radeau duquel on descend le disque au fond de l'eau. Si on fait jouer la pompe, le courant d'eau affouille la matière dont le sol est formé et le disque descend rapidement jusqu'à la profondeur qu'on désire, de 9 à 10 *m* par exemple. Une fois la profondeur atteinte, on retire le tuyau.

Les matières terreuses ou sablonneuses mises en suspension par le courant d'eau se déposent rapidement et comblent le vide au-dessus du disque.

L'attention du Gouvernement des États-Unis s'est portée sur ce système, qui porte le nom de son inventeur Langston, et qui présente pour lui un sérieux intérêt, car il ne possède pas moins de 44 feux flottants et 5 000 bouées dans les passes et sur les côtes.

On a donc fait diverses expériences officielles, dont la dernière le 15 septembre dernier, dans le port de New-York. Un disque en fonte de 0,305 *m* de diamètre a été, sous 5,50 *m* d'eau, descendu à 2,44 *m* de profondeur, dans un sol composé de sable et d'argile, en 6 minutes 1/2.

A ce disque était attachée une chaîne de 15 brasses de longueur dont les maillons étaient en fer de 16 *mm*. On a attendu 60 minutes pour que le vide au-dessus du disque se remplisse, ce qui n'était probablement pas suffisant pour un remplissage parfait, puis on a attaché une remorque neuve de 0,18 *m* d'une part à la chaîne et de l'autre aux bittes d'amarrage du remorqueur de mer *De Witt C. Ivins*. Ce bateau est mû par une machine compound à cylindres de 0,38 et 0,76 *m* de diamètre et 0,56 *m* de course marchant à la pression de 10 *kg*. L'hélice, de 2,55 *m* de diamètre, tournait à 105, puis à 120 tours, vitesse qui fut maintenue pendant 21 minutes. Cet effort ne produisit pas le moindre effet sur l'amarrage et la démonstration fut considérée comme concluante.

Il est à remarquer que si ce système a une résistance extraordinaire, rien n'est plus facile que d'enlever le disque lorsqu'on le désire; il suffit de faire l'opération en sens inverse, c'est-à-dire de descendre le tube amenant l'eau, en ayant soin de le placer au centre d'un anneau autour duquel le terrain affouillé remonte à la surface jusqu'à ce que le disque, se trouvant dégagé, puisse être remonté sans difficulté à la surface au moyen de sa chaîne.

Tunnel du Simplon. — Nous donnons ci-après un extrait du rapport trimestriel n° 8 adressé par la Direction des chemins de fer Jura-Simplon au Conseil fédéral suisse sur l'état des travaux du percement du Simplon au 30 septembre 1900.

TEMPÉRATURE, VENTILATION, ETC.	COTÉ NORD BRIGUE		COTÉ SUD ISELLE	
Température moyenne de l'air :				
A l'extérieur . . . . *dC*	18,4		17,6	
A l'avancement : galerie de base, perforation et marinage . . . . —	27,8	29,8	24,9	27,6
— galerie parallèle, perforation et marinage . . . . —	27,7	29,4	24,8	26,7
Aux chantiers de maçonnerie. . . . . —	25		23	
Moyenne du volume d'air introduit journellement dans le tunnel. . . . . m^3	970 200		1 724 000	
Moyenne de la pression de l'air :				
A la sortie des ventilateurs . . . . *mm* d'eau	»		50	
Au fond de la galerie parallèle. . . . . —	»		»	
Eau introduite journellement dans le tunnel :				
Volume . . . . m^3	1 200		9 60	
Température initiale . . . . *dC*	10,7		10	
Pression de cette eau :				
Initiale . . . . *atm*	90		80	
Au front d'attaque . . . . —	80		70	
Volume d'eau sortant du tunnel par seconde. . . *l*	98			

TRAVAUX	COTÉ NORD — BRIGUE			COTÉ SUD — ISELLE			TOTAL
	État fin juin 1900	Progrès	État fin sept. 1900	État fin juin 1900	Progrès	État fin sept. 1900	
Galerie d'avancement. . *m*	3 252	483	3 735	2 392	376	2 768	6 503
— parallèle. . . . —	3 098	494	3 592	2 306	412	2 718	6 340
— de faite . . . . —	2 138	571	2 709	1 413	470	1 883	4 592
Abatages . . . . —	1 893	626	2 519	1 318	523	1 841	4 360
Excavation totale . . . m^3	107 590	26 449	134 039	75 993	22 198	98 191	232 230
Revêtements . . . . . . —	1 627	682	2 309	893	576	1 469	3 778
— . . . . . . —	17 224	6 727	23 951	9 251	5 566	14 817	38 708

Coté Nord (Brigue).

Terrains traversés. — La galerie d'avancement a traversé, sur toute la longueur (du *km* 3,252 au *km* 3,785), les schistes lustrés calcarifères, avec lits de calcaire gris, micacé et siliceux. Depuis le *km* 3,565, la nature schisteuse de la roche prédomine. Souvent les feuillets du schiste sont séparés par d'innombrables mais très minces intercalations de calcite ou de quartz qui suivent tous les contournements du schiste. Du *km* 3,695 au *km* 3,735, la roche est fort peu solide, en raison des froissements et de la lamination qu'elle a subis. L'état d'effritement, dans lequel se trouvent ces schistes, a causé de véritables coulées de schiste décomposé mêlé d'eau. Il a fallu boiser toute cette longueur. On a également traversé au *km* 3,713 et au *km* 3,719 deux lits peu épais de schiste seriatique blanc, très tendre, semblable à celui qui a été rencontré à plusieurs reprises dans le voisinage du gypse. On devrait, en effet, se trouver maintenent dans la zone dolomitique et gypsifère d'Eiston (*km* 3,660). Mais le plongement des couches est encore souvent dirigé en sens contraire de celui de la surface.

Sources. — Le rocher a été alternativement sec et humide avec suintements ou infiltrations sans grandes venues d'eau. Les parties schisteuses friables qu'il a fallu boiser du *km* 3,322 à 3,340, du *km* 3,538 à 3,549 et du *km* 3,695 à 3,749, ont été particulièrement riches en infiltrations. Il y a, en outre, quelques petites sources aux points suivants :

	Température.	Volume l. m.
	—	—
3 294,5 (plafond côté S. W.).	28	5
3 405 (paroi côté S. W.).	29,3	25
3 527 (plafond milieu)	29,5	3
3 610 (plafond).	28,9	30
3 712 —	28,7	35

Coté Sud (Iselle).

Terrains traversés. — Toute la longueur, du *km* 2,392 au *km* 2,768, est dans le gneiss d'Antigorio, en général compact et massif. Du *km* 2,480 au *km* 2,540, ce gneiss contient de grands cristaux de felds-

path blanc, ce qui lui donne un aspect porhyproïde. Dans cette partie, on ne distingue plus guère de schistosité, la roche est massive, entrecoupée seulement par-ci par-là de quelques fissures. Au *km* 2,540, le gneiss prend un grain plus fin pour reprendre localement l'aspect porphyroïde. Au 2,537 se montre une zone de glissement, puis du *km* 2,600 à 2,613, la structure est schisteuse suivant un plan presque horizontal, après quoi le gneiss massif reprend avec de nombreuses fissures jusqu'au *km* 2,670, où se voit, sur 5 *m*, une zone de lamination, de même qu'au *km* 2,680. Le gneiss massif renferme souvent des traînées plus basiques, micacées et des filons aplitiques blancs.

Du *km* 2,418 au *km* 2,430 se voit, presque parallèlement au plafond, avec un plongement de 3° au S.-E., une longue lentille basique épaisse de 0,05 à 0,06 *m*, dont le bord est formé d'un gneiss aplitique. De telles lentilles basiques sont souvent alignées en forme de chapelets à l'intérieur du gneiss compact.

Les lentilles et filons de quartz sont souvent accompagnées de grandes plaques de mica biotite de couleur vert-bouteille foncé.

Sources. — La roche a été en général sèche. Il y a eu des suintements d'eau entre les *km* 2,500 et 2,520 où il existe deux petites sources de 1 à 1,5 l. m., ayant 32° 2 de température (*km* 2,510). Il y a eu également des suintements du *km* 2,549 à 2,570 (partie boisée), puis de nouveau du *km* 2,665 au *km* 2,680, puis du *km* 2,900 et 2,704 ainsi que du *km* 2,719 au *km* 2,730.

A ces renseignements, que nous trouvons dans le *Bulletin technique de la Suisse romande*, nous ajouterons que, dans le mois d'octobre, l'avancement a été de 301 *m*, dont 169 du côté nord et 132 du côté sud, ce qui donne un progrès moyen par jour de travail de 6,50 et 4,26 *m*; la longueur totale des deux galeries d'avancement est ainsi de 6804 *m*, dont 3904 au nord et 2900 au sud. On sait que la longueur totale du tunnel entre les embouchures des deux galeries de direction est de 19729 *m*. On avait donc percé les 34,2 centièmes de la longueur en octobre 1900.

Lumière artificielle ayant les mêmes caractères que la lumière du jour *(Complément).* — Nous avons reproduit, dans la Chronique d'octobre, une communication faite à l'Association Britannique, par MM. A. Dufton et W. Gardner, extraite du *Journal of the Society of Arts.* A la suite de cette publication, M. F. W. Harker a adressé à ce journal une lettre contenant des faits assez intéressants pour qu'il nous paraisse utile de la reproduire comme la communication elle-même.

L'auteur de la lettre exprime le regret que MM. Dufton et Gardner n'aient fait aucune mention de l'éclairage par l'acétylène, dont une des caractéristiques les plus remarquables est de ne pas altérer les couleurs. C'est la lumière par excellence pour la teinture et l'impression. En Allemagne, à Roubaix et à Lille, on emploie le gaz d'acétylène depuis quelque temps, avec un succès complet, dans les ateliers de teinture et d'impression.

Le docteur Rose, consul de S. M. B. à Stuttgart, dans un rapport communiqué au *Journal of Acetylene Gas Lighting*, dit : En Alsace, les teintureries et ateliers d'impression sur tissus ont reconnu la grande importance d'une lumière qui permet de distinguer les couleurs et les nuances les unes des autres comme à la lumière du jour et ont adopté immédiatement l'éclairage à l'acétylène. Le résultat a été une économie considérable par rapport à l'éclairage au gaz ou aux becs Auer, à cause de la suppression des pertes dues à des erreurs dans l'application des couleurs. Dans certains cas, cette économie a été telle que le coût de l'installation de l'acétylène a été couvert dans la première année.

Liebertanz, l'auteur d'un des ouvrages les plus complets et les meilleurs qui aient été publiés jusqu'ici sur l'acétylène, s'exprime ainsi, page 297 : « La couleur de la flamme de l'acétylène est absolument blanche. On peut examiner au microscope, avec l'éclairage à l'acétylène, des objets colorés sans avoir besoin d'employer des verres blancs. Le jaune citron le plus vif peut être, avec cette lumière, distingué d'une nuance plus foncée; en un mot, toutes les couleurs et nuances apparaissent telles qu'elles sont. »

Le professeur Vivian Lewes, dans sa conférence sur le manchon Auer faite à la Society of Arts, a donné un tableau contenant les caractéristiques des diverses lumières, tableau que nous reproduisons ici.

Les chiffres sont les raies du spectre émises par différentes lumières comparativement à la lumière du soleil.

COULEURS du SPECTRE	ÉLECTRICITÉ		GAZ			ACÉTYLÈNE et AIR	LUMIÈRE SOLAIRE
	ARC	Incandescence	ORDINAIRE	AUER			
Rouge . . .	2,09	1,48	4,07	0,37	1,83	1,03	1
Jaune . . .	1,00	1.00	1,00	0,90		1,02	1
Vert . . .	0,99	0,62	0,47	4,30		0,71	1
Bleu	0,87	0,91	1,27	0,74		1,46	1
Violet . . .	1,03	0,17	0,15	0,89		1,07	1

Ce tableau a été publié par Munsterberg. On peut dire que ses chiffres perdent quelque peu de leur valeur par l'absence de toute indication sur la manière dont les expériences ont été faites.

On voit toutefois que lorsqu'on brûle l'acétylène dans de bonnes conditions, le spectre, dans deux cas, le rouge et le jaune, donne les mêmes résultats que la lumière du jour. Dans les rayons bleus, il y a une augmentation de 46 0/0, ce qui lui donne la même valeur à peu près que le jour venant du nord. Les rayons violets donnent une légère augmentation, de sorte que la lumière de l'acétylène se trouve plus riche que la lumière solaire sous le rapport des rayons essentiels à l'action chimique et, de plus, les rayons rouges qui sont si défavorables pour les travaux de mise en couleur ne dominent pas comme dans la lumière

de l'arc électrique. L'avantage de l'éclairage à l'acétylène est dès lors bien évident.

Quant à ce qui concerne le prix, on peut avoir maintenant en Angleterre du carbure à raison de 500 *f* la tonne rendue. On peut compter en moyenne 280 m^3 par tonne de gaz à 1,3 bougie par litre, ce qui met l'acétylène au même prix que du gaz de houille à 0,15 *f* le mètre cube.

L'éclairage à l'acétylène est, d'ailleurs, plus salubre que l'éclairage au gaz et n'est pas plus dangereux.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler que la question de la production d'une lumière artificielle ayant les mêmes caractères que la lumière du jour avait été traitée presque dans les mêmes termes et avec la même solution il y a 45 ans dans une communication à la *Royal Scottish Society of Arts*. Le hasard nous a fait, en effet, trouver dans le *Civil Engineers and Architect's Journal*, 1847, page 26, le résumé d'un mémoire lu le 23 novembre 1847, par M. George Tait, devant le corps savant que nous venons de citer, mémoire qui a pour titre *Production d'une lumière blanche ou neutre au moyen de la lumière artificielle ordinaire*.

L'auteur expose qu'alors que la lumière blanche du soleil est composée des rayons produisant l'orange et des rayons produisant le bleu, dans la lumière artificielle ordinaire, les premiers excèdent de beaucoup les seconds, de sorte que la lumière artificielle est une lumière orange légèrement modifiée par du bleu, ce qui change considérablement l'aspect des objets éclairés par elle. Pour obtenir la lumière blanche, l'auteur place la source de lumière dans une lanterne ayant des verres colorés ou peints de couleur bleue avec une épaisseur convenable, de manière à absorber l'excès d'orange. On reconnaît que la teinte du verre est bonne si du papier blanc éclairé par la lumière artificielle transmise à travers ce verre apparaît avec la même teinte qu'à la lumière du jour. L'auteur, dans sa conférence, a montré par des exemples frappants, le contraste entre les effets donnés par un éclairage artificiel ordinaire et par le même éclairage modifié par des verres peints en bleu de France, ces éclairages agissent sur la couleur blanche, sur les couleurs primaires et secondaires et sur des images coloriées.

L'exportation des charbons américains. — La note que nous avons récemment publiée sous ce titre dans la Chronique de novembre 1900, page 485, nous vaut, de la part de notre Collègue, M. P. Chalon, la communication suivante que nous nous empressons d'insérer :

« Dans l'étude bibliographique que j'ai faite de l'ouvrage de M. Ed. Lozé *les Charbons britanniques et leur épuisement* (*Bulletin de juillet 1900, p. 127*), j'avais manifesté le regret de trouver en défaut la clairvoyance de l'auteur au sujet de la concurrence des charbons américains.

Or. M. Lozé me fait remarquer qu'il s'est efforcé de reproduire les opinions divergentes des statisticiens anglais, mais qu'à aucun moment il n'en a pris la responsabilité, car son opinion personnelle, en 1898, au moment où il écrivait son livre, c'est-à-dire bien avant la crise actuelle,

et telle d'ailleurs qu'elle ressort effectivement de ses conclusions, était que la concurrence américaine paraissait imminente et pouvait devenir redoutable.

Cette rectification me semble justifiée. Peut-être, comme me le dit M. Lozé, les choses n'iront-elles pas aussi vite que pourraient le faire supposer des arrivages de quelques centaines de mille tonnes ou même de quelques millions de tonnes à la faveur de cours exceptionnellement élevés; mais la concurrence américaine, qu'il faut prévoir désormais persistante et sans cesse croissante, est un fait indéniable et plein de menaces pour la suprematie britannique. »

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1900.

Les marines de guerre modernes, par M. de Chasseloup-Laubat. Cette suite de la remarquable étude de notre Collègue est consacrée à l'Angleterre; elle contient un aperçu historique sur les premiers cuirassés anglais et des renseignements très détaillés, accompagnés de diagrammes et vues photographiques des cuirassés et croiseurs protégés actuels du même pays avec des résultats d'essai, etc.

La plaine de Caen, par M. Guenaux *(suite)*.

Sur les combinaisons mutuelles des métaux, par M. J. Kournakow, professeur de chimie à l'Institut des Mines à Saint-Pétersbourg.

L'auteur fait observer que les métaux alcalins et alcalino-terreux sont ceux qui ont la tendance la plus marquée à se combiner, parce que ce sont eux qui possèdent au plus haut degré les propriétés basiques ou métalliques. Leurs combinaisons avec le mercure, le plomb, le zinc, l'étain, le bismuth et d'autres métaux lourds, forment le groupe le plus caractéristique et le mieux déterminé parmi les alliages métalliques que nous connaissons jusqu'à présent. Comme on pouvait s'y attendre d'après la position des métaux alcalins dans le système périodique, ce groupe se distingue des autres par une variété extraordinaire de formes.

Pour obtenir les types principaux et les plus stables, l'auteur a fait faire, dans son laboratoire, des recherches sur la fusibilité des alliages de sodium et de potassium avec du mercure, du plomb, du bismuth et du cadmium. On a pu constater que toutes les courbes obtenues se distinguent par des maxima de températures très caractéristiques qui prouvent d'une façon évidente l'existence des combinaisons définies qui se ramènent à des types invariables.

La note étudie la température des amalgames de sodium et de potassium, des alliages du sodium avec le cadmium, le plomb et le bismuth, du cadmium avec le sodium, du bismuth avec le sodium et donne les tableaux et courbes de fusibilité. Ces recherches permettent déjà de distinguer, dans ce groupe, certains types caractéristiques et constants de combinaisons, dont par voie de substitution, on obtient des séries analogues par leur composition et leurs propriétés. L'auteur se propose de continuer ses recherches par l'étude des phénomènes de substitution dans les combinaisons mutuelles des métaux.

La technique de la métallographie microscopique, par M. H. Le Chatelier.

La métallographie microscopique constitue, par l'étude des alliages,

une méthode d'analyse extrêmement précieuse. Cette note a pour objet de décrire les opérations par lesquelles on met cette méthode en œuvre et qui sont : 1° la préparation de la surface polie; 2° l'attaque chimique; 3° l'examen microscopique et 4° la préparation des alliages.

Chacune de ces parties est exposée avec les détails les plus minutieux, de sorte que ce travail peut être considéré comme un véritable manuel de métallographie microscopique.

Expériences sur la fusibilité des laitiers, par M. O. Hofman. (Extrait du *Technology Quarterly.)*

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes, la description des laminoirs Aiken, Huber, Morrison et Sacks, de la perceuse et du frappeur à air comprimé Kimman, de la machine Woodford à forger les clous de fer à cheval, une note de M. George Claude sur la liquéfaction de l'air par détente avec production de travail extérieur et une de M. A. Lafay sur les déformations de contact des corps élastiques.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1900.

Notice biographique sur M. J.-B. Gay, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'École des Ponts et Chaussées, par M. F. de Dartein, Inspecteur général, Inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées.

Les forces hydrauliques des Alpes en France, en Italie et en Suisse. Rapport de mission par M. R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'un mémoire de très sérieuse importance sur une question toute d'actualité et renfermant des aperçus pleins d'intérêt, dans lequel l'auteur a cherché à rendre compte du parti que chacun des trois pays indiqués ci-dessus peut tirer de la richesse alpestre qui lui est dévolue.

Le mémoire étudie d'abord l'importance des forces hydrauliques dans chaque pays au moyen des statistiques connues, en admettant comme limite inférieure des « grandes forces » le chiffre de 200 *ch*. Il fait remarquer que les bases de ces statistiques sont souvent fort incertaines et qu'il faut être très prudent si on veut s'en servir, surtout pour la France, aussi propose-t-il de recourir, pour établir des statistiques complètes et définitives, à la méthode employée en Suisse, laquelle consiste à diviser la surface totale du pays, y compris celle des bassins situés en territoire étranger mais formant au point de vue hydrographique, partie intégrante du système fluvial du pays, en un certain nombre de sections (14 pour la Suisse) pour chacune desquelles l'étude comprend quatre parties; savoir : 1° surface du bassin de réception, des zones de 300 en 300 *m* au-dessus de la mer, des rochers, forêts, glaciers

et lacs; 2° stations limnimétriques au point de vue de leur emplacement et de leur repérage avec profils en travers pour chaque section; 3° profils en long des cours d'eau et profils en travers spéciaux; 4° débit minimum des cours d'eau et courbes de débit des stations limnimétriques. Au moyen de ces documents, il est facile de trouver, non seulement la situation et l'importance d'une force motrice non encore utilisée, mais encore de juger avec assez de certitude si la force en vue peut être utilisée d'une manière rationnelle.

L'auteur formule d'après ces bases un programme des recherches à entreprendre en France pour arriver à une connaissance un peu sérieuse des forces hydrauliques disponibles, avec création de services spéciaux chargés d'étudier les divers bassins montagneux du pays et, comme cette organisation demandera un certain nombre d'années, il serait utile d'obtenir des renseignements provisoires suffisants en utilisant les tableaux statistiques des services de l'hydraulique agricole.

Quelques pages sont ici consacrées à des considérations hydrographiques, à l'occasion desquelles l'auteur examine les causes de la distribution irrégulière des grandes forces hydrauliques.

Le second chapitre s'occupe des caractères économiques généraux des entreprises d'aménagement et d'exploitation des grandes forces hydrauliques, des prix de revient et débouchés. On y trouve des renseignements très complets sur la question du prix de revient de l'unité de puissance sur les emplois du cheval hydraulique ou du cheval électrique, sur les entreprises de distribution d'énergie, etc., et des conclusions très intéressantes sur les consommations probables d'énergie pour l'ensemble des besoins de toute nature de région des Alpes françaises.

Le dernier chapitre est consacré à l'examen des législations françaises et étrangères relatives à l'aménagement des forces hydrauliques. De cet examen raisonné, l'auteur conclut qu'en présence des graves lacunes de la législation française, il faut de suite prendre les mesures nécessaires pour remédier à certains inconvénients particulièrement fâcheux au point de vue de l'aménagement des cours d'eau pour la production de la force, mais en ne songeant pas à édifier sur des données incertaines un appareil législatif trop compliqué, trop précis et trop définitif. Il pose les bases des clauses essentielles de la loi à intervenir et les clauses complémentaires principales à introduire dans les cahiers des charges-types et dans les règlements d'administration publique.

Il y aura également lieu de limiter la durée des concessions, sauf à en admettre le renouvellement.

En tout cas, il y aura lieu de simplifier les formalités relatives aux concessions et de les abréger le plus possible, de manière à combattre efficacement ce que l'auteur appelle les deux fléaux de l'organisation administrative française : la centralisation et la lenteur.

Note sur l'**appareil indicateur enregistreur des vitesses** en service aux chemins de fer de l'État, par M. Desdouits, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État.

Ce mémoire a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons rendu compte dans les *Informations Techniques* de juillet 1900, page 115.

ANNALES DES MINES

8e livraison de 1900.

Sur la cristallographie du fer, par MM. P. Osmond et G. Cartaux.

Dans un précédent mémoire (*Annales des Mines* de janvier 1900, un des auteurs, M. Osmond, avait exposé et discuté les données jusqu'alors rassembliées par l'observation et l'expérimentation sur la cristallographie du fer. Les conclusions formulées dans cette étude n'étaient qu'approximatives, les conditions d'observation n'étant point suffisamment favorables.

Les auteurs ont repris la question en la serrant de plus près et se sont proposé de faire cristalliser les trois variétés allotropiques du fer, variétés désignées, comme on sait, par les lettres α, β et γ, à l'état pur, dans les limites précises de température où chacune est naturellement stable, et enfin dans des conditions permettant, à la température considérée, le libre développement des cristaux, les formes extérieures, acquises sous un certain état, n'étant pas modifiées par les transformations internes qui peuvent survenir pendant le refroidissement subséquent.

La note décrit le mode de préparation employé qui est basé sur les méthodes de Peligot et de Poumarède et étudie la cristallographie des trois variétés.

Voici les conclusions auxquelles les auteurs de ces savantes recherches ont été amenés: « En somme, les différences cristallographiques qui séparent le fer γ des fers β et α sont de l'ordre de celles que l'on est sujet à rencontrer dans l'histoire de corps auxquels on n'a présentement aucune raison pour attribuer des modifications allotropiques ou isomériques.

» L'allotropie du fer, si elle n'était abondamment prouvée d'autre part, ne serait pas révélée par la cristallographie. Ceci suggère l'idée qu'on méconnait peut-être, dans certains cas, la signification de différences cristallographiques, considérées encore aujourd'hui comme négligeables au point de vue de l'état moléculaire des corps. Inversement, il n'est pas impossible que les différences de cet ordre relevées par nous entre les diverses variétés du fer ne soient effacées dans l'avenir par les résultats d'autres expériences. »

Les mines de fer du Minnesota (États-Unis), par M. A. Bachellery, Ingénieur des Mines.

Le mémoire, après avoir donné un aperçu de la géologie générale de la région du Lac Supérieur et de celle du Minnesota septentrional en particulier, étudie d'une manière très complète les minerais qu'on trouve dans cette région et qui se divisent en deux catégories, ceux du Vermilion Rouge et ceux du Mésari, ces deux classes sont très différentes comme aspect et consistance, mais diffèrent peu comme composition chimique ; ce sont des hématites assez riches (82 0/0 de peroxyde de

fer à l'état naturel) siliceuses, non magnésifères, très peu sulfureuses, mais contenant toujours du phosphore en quantité appréciable.

Les méthodes d'exploitation sont étudiées en détail; on exploite tantôt souterrainement, tantôt à ciel ouvert, selon la nature et la situation des gisements; dans le second cas, on se sert d'excavateurs mécaniques, et on a soin d'ameublir le minerai en forant préalablement tous les 8 ou 10 *m* des trous de mines qu'on tire à la poudre et en remuant à la pioche le front de taille. On cite un chargement de 5 000 tonnes de minerai, effectué par un seul excavateur en neuf heures.

C'est d'ailleurs là un cas extrême, et la production d'une machine ne dépasse pas 2 500 tonnes en dix heures, avec une consommation de 1 500 *kg* de charbon. La tonne de minerai chargée sur wagon revient au maximum, dans les conditions les plus défavorables à 1 20 *f*.

On peut estimer à près de 40 millions de tonnes la quantité totale de minerai extrait des mines du Minnesota depuis 1889, date de leur mise en exploitation, la production de 1899 a été de 18 millions de tonnes sur 25 millions qui représentent la production totale des États-Unis. Ces mines sont d'ailleurs dans des conditions particulièrement favorables au point de vue des transports; elles sont desservies par deux réseaux de chemins de fer et par deux ports, Two Harbours et Duluth, pourvus d'immenses docks avec des installations très complètes de magasinage et d'embarquement.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

AOUT 1900.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 7 juillet 1900.

Communication de M. CLAMENS sur **les machines motrices de laminoirs.**

L'auteur expose d'abord que les machines à volant pour commande de laminoirs ne possèdent pas les qualités nécessaires pour pouvoir laminer le lingot en une seule chaude, parce que leur vitesse de rotation est uniforme ou à peu près, de plus, elles ne se prêtent pas facilement aux variations de vitesse dont on a besoin pendant l'opération. C'est ce qui fait qu'on emploie de plus en plus les machines réversibles sans volant et plus spécialement les machines à trois cylindres avec manivelle à 120°. Si les cylindres sont suffisamment proportionnés pour qu'on puisse démarrer avec un seul des trois dans la position la plus défavorable des manivelles, on peut marcher avec de faibles admissions, l'admission maxima étant de 75 0/0 de la course. La machine triple présente une réelle supériorité sur la machine jumelle qui devra avoir des cylindres notablement plus grands dont la distribution sera dans des conditions bien moins favorables et dont le

mouvement sera moins uniforme. On a aussi une plus grande sécurité contre les accidents, la machine triple pouvant en cas d'avarie à un des cylindres fonctionner comme machine jumelle, alors que celle-ci serait absolument arrêtée.

La note décrit la machine triple qui figure à l'Exposition de Paris et dont nous avons parlé dans les *Informations Techniques* de juillet 1900, page 115. Cette machine appartient au plus petit modèle construit par la maison Ehrardt et Sehmer. Le plus grand modèle a des cylindres de 1,30 *m* de diamètre et autant de course et, avec 10 *kg* de pression aux chaudières et une condensation centrale, développe facilement 10 000 *ch*.

Note de M. L. Journolleau sur **l'emploi de la main-d'œuvre chinoise en Sibérie.**

L'emploi de la main-d'œuvre jaune est devenu de plus en plus fréquent en Sibérie, où il a supprimé la pénurie dont on souffrait, en réduisant le coût du travail à main dans une large proportion. Toutefois, le Chinois n'est propre qu'à certains travaux. Par contre, l'immigration des Chinois a des inconvénients, et l'auteur pense que, malgré les avantages énumérés, il serait urgent d'enrayer l'invasion de l'élément chinois et de favoriser l'émigration des populations rurales de la Russie d'Europe; des mesures pourraient être appliquées pour relever l'industrie si précaire des mines d'or, ce qui permettrait de payer davantage la main-d'œuvre.

Note de M. Verney sur **l'air liquide et son emploi comme explosif** (d'après les publications de l'*Institution of Mining Engineers*).

On a obtenu des résultats satisfaisants avec un mélange à parties égales de paraffine et de charbon de bois imprégné d'air liquide. Mais la grande difficulté, comme nous l'avons indiqué précédemment, est que les cartouches ne se conservent pas et que leur efficacité varie avec le temps écoulé entre la préparation et l'emploi.

Production du charbon aux États-Unis (d'après l'*Engineering and Mining Journal*).

Les États-Unis ont produit en 1899, un total de 229 millions de tonnes de charbon d'une valeur de 1 500 millions de francs, soit en moyenne un peu plus de 6,30 *f* par tonne. Sur ce total, il y a 174 millions de tonnes de charbon bitumineux valant 966 millions, soit en moyenne 5,15 *f* par tonne. Le prix moyen du total est relevé par la valeur supérieure de l'anthracite et du cormel-coal, le premier ressortant à 9,80 *f* et le second à 14,30 *f*.

La production de 1898 avait été seulement de 198 millions de tonnes valant 1 100 millions de francs, soit en moyenne 5,50 *f* par tonne. On voit que le prix moyen s'élève avec l'augmentation de la production.

Nouveau tambour pour machines d'extraction. — Il s'agit de la machine d'extraction à déplacement automatique dans le sens de la longueur de l'arbre, système Morgans, dont nous avons parlé dans la Chronique de mai 1900 (1re quinzaine) page 281.

SEPTEMBRE-OCTOBRE 1900.

DISTRICT DE PARIS.

Séance du 25 juin 1900.

Communication de M. BEL sur le **prospections de mines et travaux de recherches** en différents pays.

Dans cette communication très intéressante, sur un sujet dont l'importance n'a pas besoin d'être démontrée à notre époque, l'auteur expose d'abord que l'art du prospecteur de mines est appelé à constituer une véritable science dont on a déjà les premiers éléments; cet art repose principalement sur la connaissance de ceux des éléments géologiques d'une contrée qui peuvent avoir des rapports connus avec les gites utilisables par l'industrie, en premier lieu et essentiellement sur la découverte des affleurements. Il fait observer que l'art du prospecteur est né avant la géologie, puisqu'il remonte aux premiers âges du monde et aujourd'hui même, les plus riches districts miniers ont été découverts par des prospecteurs peu ou point géologues.

La note décrit rapidement les procédés à employer pour les recherches, explorations, sondages, etc. La tâche du prospecteur ne se borne pas à la découverte des gisements, il doit encore reconnaître leur développement et leur importance, rechercher les méthodes d'exploitation à employer. La question de la richesse d'un gisement est particulièrement délicate; elle comporte la détermination de la capacité du gisement et celle de la richesse du minerai. Au sujet de cette dernière, l'auteur entre dans des détails très curieux sur les précautions à prendre pour l'échantillonage, précautions indispensables pour garantir la sécurité des prises d'échantillon. Certaines peuvent paraitre singulières, mais il parait qu'elles sont quelquefois nécessaires pour éviter de voir les échantillons *salés* ou fraudés.

M. Bel dit même très carrément qu'il faut avoir constamment l'œil sur les sachets de prises d'essai, les substitutions par les intéressés étant toujours à redouter surtout quand il s'agit de métaux précieux!

Quelques détails sont donnés, en terminant, sur la manière de faire les rapports relatifs aux recherches de mines.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 7 avril 1900.

Considération sur les projets de loi relatifs à l'hygiène publique, par M. SYMONS.

Communication de M. VAN ZUYLEN sur les projet d'achèvement du canal de Panama.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

Notes techniques sur les États-Unis de l'Amérique du Nord, par M. Tutein Nolthenius. — L'auteur traite plus spécialement la question des ponts et des barrages mobiles, avec des graphiques intéressants.

Livraison du 9 juin 1900.

Recherches sur les poutrelles dans les ponts de chemins de fer, par M. Kist. — L'auteur étudie les défauts qui ont été reconnus dans les poutrelles des ponts hollandais et les causes auxquelles ils peuvent être attribués.

Description du pont d'Emden et du canal de Dortmund à l'Ems, par M. Van Panhuys. — Il est question ici des nouveaux travaux pour le grand port de commerce et de guerre que le Gouvernement allemand est en train d'établir sur la côte de la mer du Nord.

Livraison du 4 octobre 1900.

Communication de M. Caol sur le béton armé. — C'est une étude théorique et technique basée sur les expériences les plus récentes et accompagné d'un grand nombre de planches.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 39. — *29 septembre 1900.*

Le gaz à l'eau comparé aux autres gaz combustibles, par Joh. Korting.

Exposition universelle de 1900. — L'industrie chimique, par Ch. Heinzerling.

Emploi de dentures à développante ou à cycloïde pour engrenages à vis sans fin et leur influence sur la durée des appareils, par Ad. Ernst (*suite*).

Expériences du rendement sur des moteurs à benzine pour automobiles, par H. Güldner.

Installation de fours Martin à côté des laminoirs à lingots et des laminoirs pour la fabrication des tôles fines, par F. Lürmann, jr.

Groupe de la Lenne. — Corrélation des billes et de leurs chemins de roulement.

Groupe du Rhin inférieur. — Emploi de l'air comprimé dans l'industrie du fer.

Bibliographie. — Nouvelle construction de chaudière et de foyer au point de vue de la prévention de la fumée. Conduite des chaudières, par E. Schlippe.

Revue. — Les industries de l'Asie orientale, par G. Hartig.

N° 40. — *6 octobre 1900.*

La construction des ponts en Allemagne au xixe siècle, par G. Mehrtens *(suite)*.

Le gaz à l'eau comparé avec les autres gaz combustibles, par Joh. Korting *(fin)*.

Exposition universelle de 1900. — La construction des turbines, par G. Reichel *(suite)*.

Appréciation du degré d'irrégularité de mouvement des machines rotatives au moyen du diapason, par F. Göpel.

Groupe de Breslau. — Les moyens de transport à la fin du siècle.

Revue. — Jacob Mayer, l'inventeur de l'acier moulé. — Exposition d'appareils relatifs à la protection contre les incendies, à Berlin en 1901.

N° 41. — *13 octobre 1900.*

Le chemin de fer suspendu de Barmen-Elberfeld-Vohwinkel.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Les segments de pistons.

Revue. — Télégraphie par signaux lumineux. — L'*Ivernia*, paquebot de la ligne Cunard.

N° 42. — *20 octobre 1900.*

Le pont tournant de Neuhof, près de Hambourg, par C. Bernhard.

Emploi de dentures à développante ou à cycloïde pour engrenages à vis sans fin et leur influence sur la durée des appareils, par Ad. Ernst *(suite)*.

Appréciation du degré d'irrégularité du mouvement des machines à rotation au moyen du diapason, par F. Göpel *(fin)*.

Bibliographie. — Laboratoire d'hydraulique de l'École technique supérieure de Dresde, par H. Engels.

N° 43. — *27 octobre 1900.*

Machine à soupape sans déclic à grande vitesse, système Lentz, par Fr. Freytag.

Le pont tournant de Neuhof, près de Hambourg, par C. Bernhard *(fin)*.

Emploi des dentures à développante ou à cycloïde pour engrenages à vis sans fin et leur influence sur la durée des appareils, par Ad. Ernst *(fin)*.

Revue. — Les industries de l'Asie orientale, par G. Hartig *(suite)*.

Correspondance. — Le gaz à l'eau comparé avec les autres gaz combustibles.

N° 44. — *3 novembre 1900.*

Le paquebot à deux hélices *Deutschland*.

Groupe de Hambourg. — Transmission de force par courroies à grande vitesse.

Revue. — Exposition d'armes de guerre de Vickers fils et Maxim à l'Exposition universelle de 1900.

N° 45. — *10 novembre 1900.*

Les grands moteurs à gaz, par A. Wagener.

Quelle relation y a-t-il entre la limite d'élasticité et la résistance à la rupture des matériaux?, par O. Mohr.

Exposition universelle de 1900. — Les moyens de transport, par J. Kollman *(fin).*

La construction des ponts en Allemagne au XIXe siècle, par G. Mehrtens *(suite).*

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Revue. — Machines jumelles et machines triples pour laminoirs.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus,
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Les forces hydrauliques des Alpes en France, en Italie et en Suisse (1), par R. TAVERNIER.

On peut admettre, en attendant que des statistiques sérieuses en aient plus exactement fixé l'importance, que les forces renfermées dans les Alpes françaises sont de trois millions de chevaux à l'étiage et de 5 millions en eaux moyennes (M. Bargès les évalue à 10 millions pour la France entière).

La plus grande partie de cette énorme puissance est encore disponible, mais, dans quelles conditions et à quel prix?

C'est la réponse à ces deux questions que M. Tavernier a voulu préparer dans l'ouvrage que nous venons de parcourir.

L'auteur s'est particulièrement attaché aux questions de statistique et de législation qui sont, en réalité, les deux bases sur lesquelles doivent reposer d'abord les recherches et ensuite l'utilisation des forces hydrauliques.

Cet ouvrage étant limité au massif des Alpes, il était surtout intéressant de connaître le parti que chacun des trois pays, la France, l'Italie, la Suisse se proposent de tirer de cette richesse.

Il paraît ressortir de l'étude de M. Tavernier que, sans sacrifier au « pessimisme national », il a été plus fait dans ce but chez nos voisins que chez nous.

La nécessité d'une statistique, aussi bien établie que possible, faisant connaître les forces réellement et pratiquement utilisables, s'impose tout d'abord, et le premier chapitre traite entièrement cette question.

L'auteur a fait une étude patiente et minutieuse des efforts tentés dans chaque pays, et il nous présente un exposé très complet appuyé par des copies de rapports et extraits de règlements nombreux.

Dans le deuxième chapitre, l'auteur examine d'abord les prix de revient de la force hydraulique sur l'estimation desquels il reconnaît qu'il est bien difficile d'établir un chiffre certain, et il passe en revue les différents modes d'exploitation capables de les réduire, par une utilisation rationnelle des forces disponibles.

Passant ensuite à l'étude des débouchés, il cite des exemples d'industries locales et de transports aux grands centres industriels, et il en tire des conclusions fort intéressantes.

Nous avons été surtout frappés par ses vues concernant la traction électrique, et notamment par l'invitation pressante qu'il adresse à la Compagnie de P.-L.-M. pour favoriser le développement des réseaux à traction électrique dans les régions montagneuses.

(1) Vve Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. — Un vol. in-8° de 256 pages et 1 planche (prix broché : 8 francs).

Enfin, dans le chapitre III, il traite des législations française, italienne et suisse ; nous ne saurions entreprendre d'en faire ici un résumé : il faut lire et comparer les trois codes pour suivre utilement l'auteur dans ses déductions.

Notons simplement que sa conclusion est, comme il fallait s'y attendre, l'urgence des réformes à apporter dans nos usages sur la matière.

Mais M. Tavernier n'a pas osé aller bien loin dans cette voie et il demande des mesures transitoires qui ne dérangent pas trop notre juridiction actuelle.

C'est très sage évidemment, mais, n'y a-t-il pas lieu d'être plus énergique dès le début ? Quand on a connu, comme ce fut notre cas, les mille difficultés que rencontre l'industriel qui entreprend d'installer dans un pays de montagnes une usine hydro-électrique, on excuse certainement ce souhait quelque peu révolutionnaire.

Un grand nombre de pièces annéxes, rapports de commissions, circulaires, ainsi que la liste des ouvrages à consulter sur la question, complètent très heureusement l'ouvrage de M. Tavernier.

A. Lavezzari.

Les Ports modernes. (1)

Sous ce titre, notre distingué Collègue, M. C. de Cordemoy, Ingénieur des Arts et Manufactures, a publié, chez les éditeurs MM. Bernard et Cie, à Paris, un ouvrage en deux volumes comptant plus de 1 200 pages de texte avec 1 000 gravures intercalées et un atlas renfermant 30 planches.

Cet ouvrage a déjà été présenté avec éloge dans le compte rendu sommaire de la séance du 5 octobre dernier présidée par M. Baudry, qui l'a signalé comme « renfermant une quantité considérable de renseignements de toute nature et comme représentant une somme énorme de recherches et de travail ». Mais il nous a paru que, par son étendue, par son importance, par la somme considérable de renseignements utiles que l'auteur avait observés et classés méthodiquement, cet ouvrage méritait qu'une analyse de ce qu'il contient vous fût présentée, si courte fût-elle.

L'auteur a voulu surtout écrire pour les Ingénieurs et les entrepreneurs spéciaux appelés soit à choisir les emplacements d'un port, soit à créer ou à transformer un port déjà existant. Aussi, en dehors des documents utiles qu'il a colligés, a-t-il encore présenté l'exposé des questions les plus discutées de cette branche si difficile de l'art de l'Ingénieur, et apporté le plus souvent l'appoint de son expérience personnelle.

L'installation d'un port exige la connaissance préalable d'un ensemble de faits météorologiques, mécaniques et même géologiques. Après les sondages donnant les hauteurs d'eau et la nature des fonds, il faut étu-

(1) 2 vol. in-8° de 583 p. avec 315 fig., 652 p. avec 400 fig. et un atlas de 18 pl. — E. Bernard et Cie, éditeur Paris, 1900.

dier le régime, la direction, la vitesse et la fréquence des vents, ainsi que leur action sur la mer.

Cette action qui se traduit par des *ondes liquides*, soit de translation, ou solitaire, soit d'oscillation, est souvent plus à considérer que l'action même des *marées*, auxquelles l'auteur consacre cependant tout un chapitre (le troisième) et dont, après avoir indiqué la formule de notre savant Collègue, M. Bouquet de la Grye, pour la détermination de la *mer moyenne*, il donne la théorie d'après Newton et Laplace. Théorie, on peut bien le dire en passant, tout en s'en excusant, encore bien douteuse et insuffisante, malgré l'estampille qu'elle a reçue de ces deux grands génies qui, à mon humble avis, ont méconnu, en même temps que la cause de la pesanteur, le troisième mouvement de la terre, ou mouvement de gravitation, concentrique au mouvement lunaire, cause des deux marées simultanées, et notamment cause unique de la *marée antipode*.

A vrai dire, dans un ouvrage du caractère de celui que nous analysons, la théorie pure de la marée et de ses causes probables est de moindre importance que l'étude de ses effets constatés à des moments déterminés par l'expérience, aidée par des instruments de précision. *L'établissement du port;* le régime des lignes de marée, ou courbes *cotidales*; l'établissement des marégraphes; l'observation de *l'interférence* des ondes et des *anomalies des marées;* tout cet ensemble de faits est présenté en avant du chapitre V, lequel est consacré aux effets de la *marée dans les fleuves*, et aussi du chapitre VI traitant des *vagues*, notamment de celles produites par le vent. La marche de ces vagues, la détermination de leur hauteur, leur direction par rapport à la côte et leur intensité, ont une grande importance, principalement en regard du déplacement des sables et des alluvions, et de la résistance des ouvrages battus par la lame dont l'effort a pu, dans certains cas, s'élever au chiffre, considéré même comme un minimum, de 23 400 *kg* par mètre carré, pouvant même atteindre 30 *t*.

Les chapitres VII et VIII sont consacrés, le premier aux *courants* littoraux et de marée, à leur vitesse, à leur interférence; le second, à la *mer* et à ses *rivages* (profondeur, température, composition, direction et composition des côtes, leur érosion...).

Les matériaux employés à la mer, ainsi que leur préparation, leurs essais ou épreuves, font l'objet du chapitre IX pendant que le chapitre X est destiné à l'étude de la *marche des alluvions*, du sable et des galets; et le chapitre XI à l'étude de la *protection des côtes*.

Après avoir examiné, dans le chapitre XII, les *barres* et *deltas*, et les actions combinées de la marée et du fleuve, l'auteur arrive, dans les chapitres XIII, XIV et XV, à l'examen des conditions d'établissement des *ports* (catégories, appontements, ports artificiels, estuaires...) à celui des conditions d'établissement des *ports à chasses naturelles*, ainsi que des *ports sur plages de sable* (port de la Pointe des Galets..., môles à claires-voies, jetées, musoirs, brise-lames, etc...).

Après un court chapitre (XVI) sur les chasses artificielles, les radiers, et un autre chapitre plus important (le XVII) sur les dragages à sec et sous l'eau, l'auteur étudie (ch. XVIII) les *ouvrages extérieurs*

des ports (enrochements, blocs, môles et leurs avaries...) et (ch. XIX) la construction des *ouvrages de protection*, ainsi que le matériel et les appareils employés à la pose des blocs, au coulage du béton sous l'eau et sans caisson...

Les chapitres XX et XXI sont consacrés, l'un à l'étude des *fleuves et à leurs estuaires*, et on y rappelle les observations faites sur la Garonne, par M. l'Ingénieur Fargue ; l'autre à l'étude des *phares* (hauteur, forme, résistance). Enfin, le chapitre XXII, qui termine le premier volume, traite du *navire* qui est l'hôte que l'on doit recevoir, dont les dimensions et le tirant augmentent sans cesse et pour la bonne réception duquel tout, dans le port qui lui ouvre ses bras et un abri sûr, doit être préparé et exécuté au mieux.

Dans le premier volume que nous avons analysé rapidement, l'auteur nous a initiés aux études préparatoires des diverses circonstances d'établissement d'un port moderne, établi dans la meilleure situation offerte par sa position géographique et géologique, la nature et la direction des plages et des côtes, des vents, des vagues et des courants.

Dans le second volume, nous pénétrons plus avant dans l'exécution et le parachèvement du port qui, après avoir été convenablement établi dans l'endroit choisi, doit être aménagé et outillé pour donner satisfaction aux exigences du commerce maritime.

L'auteur, après un retour sur les *procédés d'exécution des ports* (ch. XXIII), procédés auxquels quelques-uns de nos Collègues, notamment MM. Hersent, Fleury, Coiseau, nous ont souvent initiés en nous intéressant, et, après avoir traité avec détails (ch. XXIV) du travail à l'air comprimé (cloches, caissons flottants et ordinaires, nivellement des fondations...), arrive (ch. XXV) à l'*utilisation des ports* (clientèle, influence de la marée, situation, emplacement des darses et bassins, etc...) et à l'établissement (ch. XXVI) des *écluses*, dont il étudie la situation, la constitution, l'entrée, la longueur des sas, l'inconvénient des écluses simples...

Dans les chapitres XXVII, XXVIII, XXIX, sont exposées, successivement, toutes les conditions d'établissement des *murs de quais*, des *accessoires des quais*, de *l'aménagement des quais* (aménagement, outillage. débarquement, hangars...).

Sont relatifs :

Le chapitre XXX à la *machinerie des ports* par l'air comprimé, l'électricité, l'eau sous pression avec accumulateur, suivant le système de lord Armstrong, système employé avec succès, et l'un des premiers en France, par M. Barret, au port de Marseille, malgré la faiblesse (32 0/0) de son rendement.

Le chapitre XXXI aux appareils pour la *réparation des navires* (grils de carénage, cales de halage, bassins de radoub, fosses à gouvernail...).

Le chapitre XXXII aux *ponts mobiles* (ponts tournants, petits ponts et grands ponts sur couronnes de galets ou sur pivots hydrauliques). Le chapitre XXXIII est destiné aux *canaux maritimes* (canaux de Suez, de Tancarville, de Manchester, Empereur-Guillaume, d'Amsterdam, de Chicago).

Dans le chapitre XXXIV sont exposés les *principaux ports commerciaux du monde:* d'abord : les ports français de Dunkerque, Calais, Boulogne, Dieppe, le Havre, Saint-Malo, Saint-Servan, Saint-Nazaire, La Pallice, Bordeaux, Marseille, Philippeville; puis les ports étrangers de Gênes, Livourne, Naples, Trieste, Fiume, Valence, de Heyst, de Bruges, d'Anvers, de Brême, Brêmerhaven, de Hambourg, Copenhague, Londres, Liverpool, Southampton, Sunderland, New-York, Chicago, Buenos-Ayres.

Parmi les ports anglais, nous remarquons l'omission du port de Douvres, ou plutôt sa relégation dans les *ports de refuge;* car ce port, de la transformation duquel, d'ailleurs, s'occupent les Ingénieurs maritimes anglais, est loin de répondre aux conditions de sécurité que l'on recherche, généralement, contre l'action des vents du large.

Les *ports de refuge* (Peterhead, Douvres, Alderney, Nantucket, Sandy-Bay...) ainsi que les ports militaires (Toulon, Cherbourg, Brest, Portsmouth, Wilhemshaven, La Spezzia, Kiel, Chatham...) font l'objet du chapitre XXXV.

Dans le chapitre XXXVI, sous le titre : *Divers*, sont examinés : les ports francs, l'exécution des travaux maritimes, leurs réparations, les effets du filage de l'huile, les navires à glace, le sauvetage, le renflouement, la destruction des navires sombrés...

Enfin, dans le chapitre XXVII, qui termine le second et dernier volume, sont indiqués les *prix* des divers travaux maritimes (batardeaux, bassins à flot, débarcadères, dérochements, appareils divers, dragues à godets, dragues aspirantes, grues, machines diverses en location, outillages hydrauliques).

Une liste des figures intercalées dans le texte, ainsi qu'une Table des matières par chapitres, terminent chacun des deux volumes, dont le dernier possède, en outre, une Table analytique par ordre alphabétique des matières, de sorte que les recherches sont des plus faciles.

A l'appui des documents nombreux qu'offre l'important ouvrage que nous venons de parcourir, est un Atlas d'une première série de douze planches faisant connaître les principaux détails: du wharf de Kotonou, du port de La Pallice, de la drague Volga, des chasses de Liverpool, des silos de Gênes, des nouveaux murs des quais de l'Escaut au sud d'Anvers, des quais du port de Brême.

D'autres planches, au nombre de dix-huit, donnent des détails complémentaires de construction sur les ports de Dunkerque, Calais, Dieppe, Boulogne, La Pallice, Bordeaux, Saint-Nazaire, Saint-Malo, Gênes, Naples, Trieste, Marseille, Le Havre, Ostende, Fiume, Leixoes, Philippeville, Barcelone, Port-Saïd, Hambourg, Brême, Copenhague, Libau, Cherbourg, Brest, Anvers, Chicago, Constantza, Bilbao, Liverpool, Londres, Livourne, Southampton, Valence, Rotterdam, Manchester.

Dans ce même Atlas figurent les sondages devant Ijmuiden, l'Alexandra-Dock, la baie de Dublin, Tilbury et Barry, l'Adour, la Tyne, Sunderland, l'embouchure du Weser et l'estuaire de la Seine.

Nous n'avons pu donner, et nous le regrettons, qu'une silhouette rapide du livre sur les Ports modernes, édité, d'ailleurs, avec soin par

MM. Bernard et Cie. Une énumération plus complète des matières qui y sont traitées serait nécessairement aride et n'éveillerait pas davantage l'attention que mérite le livre et l'intérêt qu'il suscite.

Nous exprimons nos félicitations à notre Collègue, M. C. de Cordemoy, pour le grand et utile travail qu'il a accompli, dans cette branche spéciale, si délicate et si hérissée de difficultés, des *travaux publics maritimes*; en même temps que nous le remercions de l'hommage gracieux qu'il a bien voulu faire de ce beau travail, fruit d'un labeur obstiné, à la Société des Ingénieurs Civils de France où nous lui exprimons notre estime en lui souhaitant le meilleur succès.

D.-A. CASALONGA.

IVe SECTION

La garance et l'indigo, par G.-F. JAUBERT, directeur de la *Revue générale de chimie pure et appliquée* (1).

L'étude de la garance fournit un des exemples les plus frappants du rôle considérable qui est dévolu à la synthèse chimique, et de la façon dont celle-ci est appelée à transformer un grand nombre d'industries.

En effet, à côté de la garance on a vu se présenter, en 1869, l'alizarine, l'élément actif auquel la racine — jusque-là si importante — doit son pouvoir colorant en rouge; en 1872, la récolte de la garance atteignait, en Provence, 25 000 *t*, valant plus de 700 *f* la tonne; en 1881, la récolte cessait de se faire et, actuellement, la production de l'alizarine chimique est de 15 millions de kilogrammes à 1,90 *f* le kilogramme.

L'indigo, qui fournit aussi une des matières colorantes les plus belles et les plus résistantes de la teinture, peut également être fabriqué chimiquement par des procédés nombreux; ainsi donc si l'indigo synthétique n'a pas encore fait renoncer au produit végétal, il est certain qu'il le remplacera dans peu de temps, comme l'alizarine a remplacé la garance.

Cet aperçu permet de se rendre compte de l'importance des industries de la garance et de l'indigo.

Le livre que M. G.-J. Jaubert leur a consacré sera fort apprécié des chimistes.

P. JANNETTAZ.

Topographie. Instruments et méthodes,
par M. Eugène PRÉVOT (2).

Les ouvrages de topographie, quoique relativement nombreux en

(1) Un volume de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, in-8° de 166 p., Paris, Gauthier-Villars, 1900, 2 fr. 50 broché.

(2) *Topographie*, par Eugène Prévot, conducteur des Ponts et Chaussées, chef de Bureau du Nivellement général de la France; suivi d'un appendice relatif à la topographie expédiée, par O. Roux, conducteur des Ponts et Chaussées. — Livre Ier. Instruments (1898). — Livre II. Méthodes (1900); deux volumes faisant partie de la Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics. — Vve Ch. Dunod, éditeur, Paris.

France, ne présentent pas tous, tant s'en faut, le caractère de généralité qui conviendrait aux développements que cette science a pris de nos jours. Presque tous sont incomplets ou insuffisants, parce qu'ils sont écrits avec la préoccupation du but spécial et plus ou moins restreint poursuivi par leurs auteurs.

Les uns, parus vers le milieu de ce siècle et que l'on a essayé, avec plus ou moins de succès, de rajeunir depuis, étaient rédigés par les officiers de l'ancien corps d'État-Major, qui s'est illustré par les levés de la grande Carte de France; ils ne font guère mention que des procédés relatifs aux levés expédiés, les seuls qui aient été réellement mis en usage, pour l'exécution de ce grand travail.

Un certain nombre de manuels de topographie, dus également à des auteurs militaires, et écrits à la suite de la guerre de 1870-1871, trahissent surtout les préoccupations du moment; ils font une place prépondérante aux levés de reconnaissances militaires, et à la lecture des cartes, qui, d'ailleurs, il faut bien le reconnaitre, avait été singulièrement négligée chez nous jusqu'à cette époque.

Dans ces derniers temps, ont paru plusieurs ouvrages de topographie dus à la plume d'ingénieurs de mérite, s'occupant plus spécialement de travaux publics; ces ouvrages traitent surtout des instruments et procédés applicables aux projets de voies de communication et aux plans de mines; ils décrivent tout au plus les méthodes tachéométriques, mais ne donnent que des notions très insuffisantes sur la représentation du relief du sol, le figuré du terrain, en un mot, sur les principes qui doivent guider le topographe dans l'exécution des levés également étendus dans tous les sens, servant de base à l'établissement des cartes topographiques.

A notre connaissance, il n'existait jusqu'ici qu'un seul traité de topographie qui possédât un réel caractère de généralité : c'est le *Cours de topographie du commandant Lehagre;* cet auteur a coordonné et rédigé en trois volumes le cours de topographie de l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, professé pendant plus de trente ans par l'éminent colonel Goulier, dont il a été le collaborateur et le successeur. C'est, notamment, dans cet ouvrage magistral que se trouvent exposées les méthodes imaginées dès la fin du siècle dernier par les Ingénieurs militaires (desquels dérivent le corps du Génie), méthodes qui, par leurs perfectionnements successifs, ont porté à un si haut degré de perfection la représentation du terrain dans les levés de précision à grande échelle exécutés par les brigades du Génie. Malheureusement, cet ouvrage, tiré à un petit nombre d'exemplaires est aujourd'hui introuvable...; il date, d'ailleurs, de plus de vingt ans, et aurait dû, en cas de réédition, être mis au courant par l'addition de quelques compléments indispensables.

La lacune que nous signalons vient d'être comblée de la manière la plus heureuse par la *Topographie* de M. Prévot; cet ouvrage est divisé en deux volumes; le premier (Instruments) a paru en 1898, et le deuxième (Méthodes) vient de paraitre. L'auteur a confié à l'un de ses collègues, M. O. Roux, la rédaction de tout ce qui concerne la topographie expédiée.

Félicitons tout d'abord l'auteur d'avoir débuté par l'exposition de

quelques notions élémentaires sur la théorie des erreurs; plusieurs savants pensent que les conditions qui servent de base à l'établissement de cette théorie n'étant généralement pas satisfaites dans les opérations de la topographie, ses déductions ne lui sont pas applicables; notre opinion, au contraire, est que la théorie des erreurs trouve son application justifiée partout où interviennent les erreurs accidentelles (c'est-à-dire dans toutes les opérations topographiques), soit pour définir la précision des résultats que peut donner un instrument ou une méthode, soit pour rechercher la solution la plus probable déduite d'observations surabondantes. Nous retrouvons, dans ce chapitre, la distinction entre les erreurs accidentelles et les erreurs systématiques, et surtout celle entre les erreurs et les fautes, à laquelle le colonel Goulier attachait avec raison tant d'importance.

Dans ce livre, l'exposition relative aux différents instruments se présente toujours dans le même ordre méthodique : théorie et description, vérification et réglage, mode d'emploi, causes d'erreurs et précision. Le nom du colonel Goulier, auteur de tant d'inventions ou de perfectionnements dans les instruments et les procédés topographiques, revient souvent dans cette exposition, comme on pouvait s'y attendre. L'auteur a fait également, dans la tachéométrie, une place méritée aux instruments de M. Sanguet, ingénieur-topographe. Dans l'appendice, M. O. Roux passe en revue un certain nombre d'instruments de topographie expédiée.

Le second volume, d'une ordonnance semblable à celle du premier, expose les méthodes d'opérations sur le terrain, de calculs au bureau, les vérifications, la discussion des résultats et leur précision. Parmi les matières traitées dans ce volume, notons en passant un résumé de la théorie du non-parallélisme des surfaces de niveau, mise en lumière par M. Ch. Lallemand, ingénieur en chef des Mines, directeur du Nivellement général de la France et chef du service technique du cadastre; une discussion très complète sur la détermination des écarts et la compensation des erreurs dans les cheminements, question qui avait déjà fait l'objet d'une étude approfondie du colonel Goulier (1); une méthode ingénieuse pour le calcul des angles moyens résultant de l'emploi de la réitération dans les observations goniométriques. Ceux de nos collègues qui s'occupent de levés tachéométriques apprécieront l'exposition claire et méthodique du chapitre : Levé des plans d'études, et y remarqueront les points suivants : transmission de l'orientation, procédé pour augmenter la précision dans la mesure de la distance et de la différence de niveau des stations; citons encore le raccordement de deux alignements par deux arcs de cercle (solution due à M. d'Ocagne, ingénieur des Ponts et Chaussées); enfin, des données intéressantes relatives à l'établissement du cadastre et au nivellement général de la France, parmi lesquelles on retrouve, en outre des dispositifs ingénieux combinés en vue de cette dernière opération par le colonel Goulier, un aperçu des

(1) *Études théoriques et pratiques sur les levers topométriques, et en particulier sur la tachéométrie*, par C.-M. Goulier, colonel du génie en retraite, Paris, 1892 : un livre de grande valeur, dont la lecture s'impose à tous ceux qui s'occupent de tachéométrie.

remarquables méthodes imaginées ou préconisées par M. Lallemand (1).

Ajoutons que l'auteur a fait en plusieurs circonstances un emploi judicieux des abaques préconisés il y a plus d'un demi-siècle par Léon Lalanne, et dont MM. d'Ocagne et Lallemand ont porté récemment la théorie et les applications à un si haut degré de perfection.

Comme dans le premier volume, l'appendice, rédigé par M. O. Roux, est consacré aux levés expédiés, aux levés spéciaux et au dessin des cartes. Nous constatons avec satisfaction que cette étude débute par l'exposition des principales lois relatives aux formes du terrain, déjà partiellement énoncées dans l'ouvrage de Lehagre, et auxquelles le colonel (depuis général) de La Noë et M. de Margerie ont donné toute leur ampleur dans leur savant ouvrage : *Les formes du terrain*. Enfin, nous y remarquons un résumé des procédés employés par le Génie militaire pour les levés de détails aux échelles des 5, 10 et 20 000ᵉ. L'emploi des levés photographiques y est mentionné, avec une appréciation qui ne laisse peut-être pas assez d'espoir aux adeptes de ce mode d'enregistrement de l'image topographique du terrain.

M. Eugène Prévot, qui, dans sa préface, se défend modestement d'avoir fait une œuvre de science, a montré dans la rédaction de son ouvrage une profonde connaissance de la théorie et de la pratique des instruments et des méthodes ; là où plusieurs méthodes sont en présence, il a fait de chacune d'elles une exposition impartiale, et une critique raisonnée ; mais il n'a pas craint, sur certaines questions controversées, de donner son appréciation en toute indépendance : elle peut être discutée, mais on doit reconnaître qu'elle est toujours appuyée sur de solides raisons, comme, par exemple, dans la question du filé des courbes sur le terrain, ou celle de la division et de la chiffraison des mires de nivellement.

En résumé, ces deux volumes présentent, pour tous ceux de nos collègues qui s'occupent de topographie, un haut intérêt et une véritable utilité pratique.

H. Vallot.

Vᵉ SECTION

Les décharges électriques dans les gaz, par J. Thomson. Traduit de l'anglais par M. Barbillion, docteur ès sciences (2).

Le nombre des travaux que la découverte mémorable de Röntgen a suscités depuis quatre ans est considérable ; les applications pratiques en ont été fort importantes et nous ne pouvons pas ne pas rappeler ici les belles expériences de notre Collègue, M. Couriot, sur la houille.

(1) Il faut lire les extraits des procès-verbaux de la Sous-Commission technique du cadastre, qui figurent en notes dans une brochure intitulée : *Réfection du cadastre de la Commune de Neuilly-Plaisance*, par M. Ch. Lallemand, et déposée à notre bibliothèque, pour apprécier à leur valeur les idées toujours justes, souvent neuves et même hardies émises par l'auteur en cette matière.

(2) In-8° de xiv, 172 pages, 41 fig., Gauthier-Villars, 1900, Paris, 5 francs.

Les recherches sur le phénomène lui-même des décharges électriques dans les gaz ont fixé l'attention d'un grand nombre de physiciens. Parmi eux, M. J. J. Thomson, professeur à l'Université de Cambridge, s'est fait une place à part; aussi le livre qu'il a consacré à cette étude présente-t-il un grand intérêt.

M. Barbillion ne s'est pas contenté de le traduire; il l'a fait suivre d'une série de notes où il a résumé avec beaucoup de compétence les faits postérieurs à la publication anglaise.

On sait, d'ailleurs, combien sont importants les récents travaux des savants français sur ces questions, notamment ceux de M. et Mme Curie, qui ont découvert le polonium et le radium, et de M. Debierne qui a découvert l'actinium.

Il y a là, dans la science, un champ nouveau; tous ceux qui voudront y pénétrer liront avec fruit le livre de MM. Thomson et Barbillion.

P. JANNETTAZ.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGERE, 20, PARIS. — 23980-11-00. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1900

N° 12

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois de novembre et décembre 1900, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

VIe Congrès international d'agriculture, Paris, 1er au 8 juillet 1900. Tome premier. Organisation, Règlement et Programme. Rapports et Travaux préliminaires. Tome deuxième. Compte rendu des Travaux du Congrès (2 vol. in-8°, 255 × 165 de 776 p. et de 653 p.). Paris, Masson et Cie, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40534 et 40535

Arts militaires.

Tables analytiques et alphabétiques de la Revue d'Artillerie, d'octobre 1872 à septembre 1895. Annexe n° 5. Matières contenues dans les tomes 55 et 56, d'octobre 1899 à septembre 1900 (in-8°, 220 × 140 de 24 p.). Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1900. 40392

VALLIER (E.) — *Théorie et tracé des freins hydrauliques*, par M. E. Vallier (Extrait de la Revue de Mécanique, années 1899, 1900) (in-4°, 315 × 220 de 95 p. avec 61 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'Éditeur). 40114

Astronomie et Météorologie.

Annuario publicado pelo Observatorio do Rio-de-Janeiro paro o anno de 1900. Decimo sexto anno (in-4°, 190 × 130 de VIII-391 p.). Rio-de-Janeiro, L. Malafaia junior, 1900. 40548

CRULS (L.). — *Méthode pour déterminer les heures des occultations d'étoiles par la lune, basée sur la connaissance exacte de l'instant de la conjonction apparente des deux astres*, par L. Cruls (Observatoire de Rio-de-Janeiro) (in-4°, 330 × 230 de 29 p. avec 8 tableaux). Rio-de-Janeiro, Leuzinger, 1899 (Ouvrage en français et en portugais). 40549

MIFFRE (J.). — *Nouveau système astronomique*, par Jules Miffre (in-8°, 250 × 165 de 61 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1900 (Don de l'auteur). 40459

Publications of the Earthquake Investigation Committee in Foreign Languages, n°s 3 et 4 (2 vol. in-8°, 255 × 180 de 103 p. et de 141 p. avec pl.). Tokyo, 1900. 40426 et 40427

Chemins de fer et Tramways.

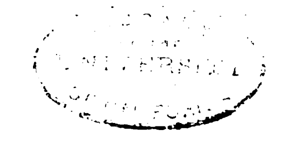
ALLEN (W.-S.). — *Street Railways. Development of Street Railways in the Commonwealth of Massachusetts.* Prepared by Walter S. Allen (in-8°, 255 × 175 de 26 p. avec 1 carte) (Don de M. A.-D. Fuller, M. de la S). 40500

Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte rendu des opérations pendant l'année 1899 (in-4°, 315 × 195 de 161-24-28-13-x p.). Bruxelles, J. Goemaere, 1900. 40541

Congrès international des Tramways, Paris. 10, 11, 12 et 13 septembre 1900, organisé sous les auspices de l'Union internationale permanente des Tramways. Compte rendu sommaire (Exposition universelle Paris 1900) (in-4°, 335 × 210 de 19 p.). Bruxelles, Tr. Rein, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40393

Description de la voiture automotrice électrique à accumulateurs (Società Italiana per le Strade ferrate Mediterraneo. Exposition universelle de Paris de 1900) (in-4°, 345 × 245 de 7 p. avec 6 pl.). Milano, Tipografia degli Operai, 1900 (Don de M. Deghilage, M. de la S.). 40523

Die Schwebebahn Barmen-Elberfeld-Wohwinkel (Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band XXXXIV) (in-4°, 320 × 240 de 32 p. avec 118 fig. et 2 pl.). Berlin, 1900 (Don de la Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen. Abteilung für Schwebebahnen Elberfeld). 40453



Données sur la locomotive « Alessandro Volta » (Società Italiana per le Strade ferrate Mediterraneo. Exposition universelle de Paris de 1900) (in-4°, 345 × 245 de 6 p. avec 3 pl.). Milano, Tipografia degli Operai, 1900 (Don de M. Deghilage, M. de la S.). 40521

Établissements Alex. Friedmann. Catalogue des accessoires pour locomotives (album 335 × 275 de 78 p.) (Don de M. A. Lavezzari, M. de la S.). 40536

Francis (G.-B.). — *The South terminal Station Boston, Mass.*, by George B. Francis (Reprinted from Proceedings of the American Society of Civil Engineers, December 1899, pages 956 à 1020) (Don de M. A.-D. Fuller). 40497

Godfernaux (R.). — *Le chemin de fer métropolitain de Paris*, par Raymond Godfernaux (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des tramways, n° de septembre 1900) (in-4°, 315 × 230 de 55 p. avec 4 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40405

Guédon (P.). — *Traité pratique des chemins de fer d'intérêt local et des tramways*, par Pierre Guédon (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de 393 p. avec nombreuses figures). Paris, Gauthier-Villars, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40574

Guide du grand chemin de fer Transsibérien, édité par le Ministère des Voies de Communication, sous la direction de A.-I. Dmitrief Mamonof et de l'Ingénieur A.-F. Zdziarski. Traduit du russe par P. Tacchella (in-8°, 260 × 180 de 572 p. avec 2 phototypies, 363 phototypo-gravures, 4 cartes de la Sibérie et 3 plans de villes). Saint-Pétersbourg, Société d'Impression artistique, 1900 (Don de M. W. Werkhovsky). 40409

Petersen (R.). — *Ueber die Grenzen welche des Fahrgeschwindigkeit auf Eisenbahnen durch die Fliehkraft in den Barhkrummengen gesetz werden*, von Richard Petersen (Sonderabdruck aus dem Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1900) (in-8°, 220 × 145 de 20 p. avec 2 pl.). Wiesbaden, C.-W. Kreidel, 1900 (Don de la Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen. Abteilung für Schwebebahnen Elberfeld). 40454

Post (J.-W.). — *Les chemins de fer aux Colonies et dans les pays neufs. Fascicule contenant les chemins de fer et les tramways à vapeur aux Indes orientales néerlandaises*, par J.-W. Post (Institut Colonial International, Bruxelles) (in-8°, 225 × 155 de 263 p.). Bruxelles, Ad. Mertens, 1900 (Don de M. Auguste Moreau, de la part de l'auteur, M. de la S.). 40512

Post (J.-W.). — *Nature du métal pour rails*. Supplément à l'Exposé n° 1, par J.-W. Post (Congrès international des chemins de fer, 6e session, Paris, 1900. Question I. Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer) (in-8°, 240 × 180 de 6 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1900 (Don de M. A. Moreau, de la part de l'auteur, M. de la S.). 40513

Résumé historique du développement des chemins de fer en Russie, depuis leur origine jusqu'en 1897 inclusivement. Résumé historique de l'origine et de l'extension des chemins de fer Russes jusqu'en 1897 inclusivement, publié avec l'autorisation suprême et par ordre du Ministre des Voies de Communication, Prince M. Khilkow, par l'Ingénieur W. Werkhovsky, en collaboration avec I. Czekhanovitch et A. Zdziarski (in-8°, 265 × 190 de xii p.). Saint-Pétersbourg, Trenké et Fusnot, 1900 (Don de M. W. Werkhovsky). 40410

SAUVAGE (Éd.). — *Recent Locomotive practice in France*, by Édouard Sauvage (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers in London, 28th june 1900) (in-8°, 215 × 140, pages 375 à 433 avec pl. 43 à 55). London, Published by the Institution, 1900 (Don de l'auteur). 40519

TETTELIN (F.), POST (J.-W.), DENYS (L.-A.). — *Entretien de la voie sur lignes à grande circulation*. Exposé n° 1, par F. Tettelin; n° 2, par J.-W. Post; n° 3, par L.-A. Denys (Congrès international des chemins de fer, 6e session. Paris, 1900. Question IV. Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer) (in-8°, 240 × 180 de 160 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1900 (Don de M. A. Moreau, de la part de M. J.-W. Post, M. de la S.). 40514

Traction électrique sur les chemins de fer Milan-Gallarate-Varese-Porto Ceresio-Laveno-Arena (Società Italiana per le Strade ferrate del Mediterraneo. Exposition universelle de Paris de 1900) (in-4°, 345 × 245 de 30 p. avec 8 pl.). Milano, Tipografia degli Operai, 1900 (Don de M. Deghilage, M. de la S.). 40524

Voitures et fourgons à bogies et à circulation continue (Società Italiana per le Strade ferrate Mediterraneo. Exposition universelle de Paris de 1900) (in-4°, 345 × 245 de 11 p. avec 2 pl.). Milano, Tipografia degli Operai, 1900 (Don de M. Deghilage, M. de la S.). 40522

Chimie.

HAGEMANN (G.-A.). — *Die chemischen Kräfte*, von G.-A. Hagemann. Aus dem Dänischen ubersetzt von Dr. phil. P. Kundsen (in-8° 240 × 160 de 23 p.). Berlin, R. Friedländer und Sohn, 1888 (Don de M. H. Hervegh, M. de la S.). 40515

HAGEMANN (G.-A.). — *Enige kritische Bemerkungen zur Advitätsformel*, von G.-A. Hagemann. Aus dem Dänischen ubersetzt von Dr. P. Kundsen (in-8°, 240 × 160 de 12 p.). Berlin, R. Friedländer und Sohn, 1887 (Don de M. H. Hervegh, M. de la S.). 40516

HAGEMANN (G.-A.). — *Studien über das Molekularvolumen einiger Körper*, von G.-A. Hagemann. Aus dem Dänischen ubersetzt von Dr. phil. P. Kundsen (in-8°, 240 × 160 de 58 p.). Berlin, R. Friedländer und Sohn, 1887 (Don de M. H. Hervegh, M. de la S.). 40517

HAGEMANN (G.-A.). — *Ueber Wärme-und Volumänderung bei chemischen Vorgangen*, von G.-A. Hagemann. Aus dem Dänischen von Dr. P. Kundsen (in-8°, 235 × 155 de 16 p.). Don de M. H. Hervegh, M. de la S.). 40518

LEGRAS (CH.). — *La Verrerie française à l'Exposition de 1900. Notes sur quelques branches de la fabrication du verre*, par Charles Legras (in-8°, 235 × 155 de 105 p.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40446

POZZI-ESCOT (M.-E.). — *Analyse des gaz*, par M.-E. Pozzi-Escot (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 200 p. avec 28 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 40527

VILLON (A.-M.) et GUICHARD (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. *Tome troisième. Fascicule 26-27, cahiers 16 à 25. Liniment-Or.* Paris, Bernard Tignol, 1900 (Don de l'éditeur). 40451

Construction des Machines.

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. Exercice 1899-1900. XVIIe Bulletin (in-8°, 255 × 165 de 252 p.). Lille, L. Danel, 1900. 40537

Associazione fra gli Utenti dei Caldaie a vapore avente sede in Milano. Esercizio 1899. Ano nono (in-8°, 260 × 180 de 116 p.). Milano, P.-B. Bellini, 1900. 40520

BUCHETTI (J.). — *Les Turbines actuelles et à l'Exposition universelle de 1900 à Paris.* Ouvrage faisant suite au Traité : Les Moteurs hydrauliques actuels, par Jacques Buchetti (in-4°, 285 × 225 de 63 p. avec 68 fig. et atlas 360 × 275 de 30 pl.). Paris, chez l'auteur, 1900. 40447 et 40448

Catalogue of Grinding Machinery, Hill, Clarke and C° 1900. Boston and Chicago (in-8°, 230 × 150 de 58 p.). Boston, The Barba Press. 40416

Compresseurs d'air The Ingersoll-Sergeant Drill Company, New York, 1900. Catalogue n° 34 (in-8°, 220 × 160 de 80 p.). New York and Pittsburg, Chasmar-Winchell, 1900. 40440

Congrès international de surveillance et de sécurité en matière d'appareils à vapeur tenu à Paris du 16 au 18 juillet 1900. Procès-verbaux sommaires, par M. Ch. Compère (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 270 × 165 de 22 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40568

La Mécanique à l'Exposition de 1900, 15e Livraison (3e dans l'ordre d'apparition). L'artillerie à l'Exposition, par le colonel X... (in-4°, 320 × 230 de VII-166 p. avec 205 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40543

MASSON (L.). — *Rapport fait au nom du Comité des Arts mécaniques, par M. Léon Masson, sur les pompes centrifuges de M. F.-I. Schabaver, pour l'élévation des liquides à de grandes hauteurs* (Extrait du Bulletin de juin 1900 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (in-4°, 270 × 220 de 16 p. avec 12 fig.) (Don de M. F.-I. Schabaver, M. de la S.). 40424

MAUGAS (G.). — *Traité théorique et pratique du rivetage des charpentes métalliques, des navires et des chaudières, suivi d'un Manuel détaillé pour le rivetage des navires*, par G. Maugas (in-8°, 250 × 160 de VI-192 p. avec 111 fig.). Paris, Augustin Challamel, 1900 (Don de l'éditeur). 40394

Moteurs à gaz de hauts fourneaux, système Delamarre-Deboutteville et Cockerill (Société anonyme John Cockerill, Seraing, Belgique) in-4°, 270 × 210 de 123 p. avec 4 pl.). Paris, Lemercier, 1900 (Don de M. A. Greiner, M. de la S.). 40509

Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en 1899. Tome I, Moteurs à vapeur (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-4°, 270 × 220 de XVI-219 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40433

Voitures automobiles à pétrole, système Amédée Bollée fils, de Diétrich et Cie, Lunéville (album 150 × 240 de 32 p. avec illustr.), Paris Société industrielle de Photographie (Don de M. de Diétrich M. de la S.). 40533

WOLF (R.). — *La fabrique de locomobiles de R. Wolf, à Magdebourg-Bruckau au début du XXe siècle* (album 155 × 235 de 69 p. avec illustr.). Berlin, Meisenbach, Riffarth et C°. 40428

Éclairage.

BOUVIER (AD.). — *Comparaison entre les éclairages usuels à éclairage égal par la méthode graphique*, par Ad. Bouvier (Extrait du Compte rendu du Congrès international de l'Industrie du gaz, tenu à Paris les 3, 4 et 5 septembre 1900) (in-8°, 240 × 155 de 12 p. avec 1 pl.). Paris, P. Mouillot, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40576

PACCHIONI (ING. A.). — *L'industria del gas in Inghilterra* (Estratto dalla Rassegna Mineraria. Vol. XII, n° 11; 11 aprile 1900) (in-8°, 230 × 155 de 8 p.). Torino, G. Candeletti, 1900 (Don de l'auteur). 40439

Économie politique et sociale.

Annuaire des Syndicats professionnels, commerciaux et agricoles constitués conformément à la loi du 21 mars 1884, en France et aux Colonies. 11e année 1900 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 210 × 135 de LVII-688 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900). 40421

CACHEUX (E.). — *Habitations à bon marché en Allemagne*, par E. Cacheux (Association française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Boulogne-sur-Mer, 1899) (in-8°, 245 × 160, pages 835 à 844). Paris, au siège de l'Association, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40452

Chambre de Commerce de Bône, Algérie. Compte rendu des travaux pendant l'année 1899. Documents statistiques. N° 18 (in-8°, 280 × 180 de 142 p.). Bône, Émile Thomas, 1900. 40406

Congrès international des Habitations à bon marché. Procès-verbal sommaire, par M. Jules Challamel (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 40 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de la Société Française des Habitations à bon marché.) 40422

Statistique annuelle du mouvement de la Population et des Institutions d'assistance. Tome XXVIII. Année 1898 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Bureau de la statistique générale) (in-8°, 280 × 180 de 197 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40457

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1899 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 230 × 155 de XVIII-632 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40431

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1899. Premier volume. Commerce de la France avec ses Colonies et les puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (in-4°, 360 × 275 de 794 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40412

Électricité.

Aperçu sur les Travaux des Russes dans l'Électricité et ses applications, à partir de l'année 1800 à 1900 (Exposition universelle de 1900 à Paris) (in-8°, 240 × 155 de 134-IV p. avec 101 fig. et 12 portraits photographiques des savants et inventeurs). Saint-Pétersbourg, 1900 (Don de M. le colonel A.-J. Smirnoff). 40444

BANTI (DOTT. A.). — *Il trasporto di Energia elettrica da Tivoli a Roma* (in-4°, 295 × 200 de 38 p., avec 24 fig. et 2 pl.). Roma, Tipografia Elzeviriana, 1893 (Don de M. A. Cousin, M. de la S.). 40402

JANET (P.). — *Premiers principes d'Électricité industrielle. Piles, accumulateurs, dynamos, transformateurs*, par Paul Janet (in-8°, 225 × 145 de X-280 p. avec 169 fig.). Quatrième édition conforme à la troisième. Paris. Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 40532

HOLLARD (A.). — *La Théorie des Ions et l'Électrolyse*, par Auguste Hollard (in-8°, 220 × 135 de 163 p. avec 12 fig.) (Bibliothèque de la Revue générale des Sciences). Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900 (Don de l'éditeur). 40443

L'Électricité à l'Exposition de 1900, 9e Fascicule (4e livraison dans l'ordre d'apparition) Téléphonie et Télégraphie, par L. Montillot (in-4°. 320 × 230 de 135 p. avec 222 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'éditeur). 40544

Enseignement.

Congrès international de l'Enseignement du dessin, tenu à Paris du 29 août au 1er septembre 1900. Procès-verbaux sommaires, par Mme Luisa Chatrousse, Secrétaire générale, Mlle Marie Bastien, MM. F.-J. Pillet et Coquelet (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 270 × 165 de 39 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de Mme la Secrétaire générale du Congrès). 40566

École spéciale d'Architecture. Année 1900-1901. Séance d'ouverture du 18 octobre 1900. Présidence de M. Casimir-Périer (in-8°, 225 × 145 de 44 p.). Paris, 1900. 40547

Université libre de Bruxelles. 66e année académique. Rapport sur l'année académique 1899-1900 (in-8°, 235 × 135 de 105 p.). Bruxelles, Bruylant-Christophe et Cie, 1900. 40445

Filature et tissage.

Congrès international pour l'unification du numérotage des fils. Rapport général et Compte rendu sommaire (2 brochures in-8°, 235 × 155 de 10 p. et de 13 p.). Paris, Chaix, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40525 et 40526

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Congrès géologique international. 8e session. Paris 1900. Procès-verbaux des séances (15 brochures in-8°, 245 × 140). Paris, Lahure, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40550 à 40564

Législation.

American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. October 1, 1900 (in-8°, 330 × 250 de 104 p.). Philadelphia, Sherman and Co, 1900. 40455

Charter, Supplemental Charter, By-Laws and List of Members of the Institution of Civil Engineers (in-8°, 220 × 140 de 232 p.). London, Published by the Institution, 1900. 40506

Congrès international de la Propriété industrielle. Paris 23-28 juillet 1900. Rapports sur les questions du programme (un volume in-8°, 240 × 155). Saint-Cloud, Belin frères (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 40565

Loi XLIX de 1899 et Instruction relatives aux faveurs accordées à l'industrie nationale dans les pays de la Sainte Couronne Hongroise (Ministre Royal Hongrois du Commerce) (in-8°, 220 × 150 de 40 p.). Budapest, 1900 (Don de la Chambre de commerce Austro-Hongroise à Paris). 40539

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Congrès international de Sauvetage et des premiers secours tenu à Paris du 16 au 23 juillet 1900. Procès-verbaux sommaires, par M. Jules Cocheris (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 270 × 165 de 44 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40567

SALCEDO (Dr E.). — *IX Congreso internacional de Higiene y Demografia Madrid abril 1898. Catalógo de la Exposición anexa*, formada por el Doctor Enrique Salcedo (in-8°, 230 × 155 de 100 p.). Madrid, Ricardo Rojas, 1898 (Don de l'auteur). 40417

SALCEDO Y GINESTAL (Dr E.). — *Actas y Memorias del IX Congreso internacional de Higiene y Demografia celebrado en Madrid en los dias 10 al 17 abril de 1898.* Publicación dirigida y redacta por el Dr. Enrique Salcedo y Ginestal. Tomo I, II, III (3 volumes in-8°, 240 × 165) Madrid, Ricardo Rojas, 1900 (Don de l'auteur). 40418 à 40420

Métallurgie et Mines.

BRESSON (G.). — *Sidérurgie*, par G. Bresson (Exposition universelle de Paris, 1900). (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tomes L et LI, 3e série, 44e année 1900) (in-8°, 240 × 160 de 67 p.). Paris, Le Soudier (Don de l'auteur, M. de la S.). 40411

CHEMIN (O.). — *De Paris aux Mines d'or de l'Australie occidentale*, par O. Chemin (in-8°, 200 × 140 de 370 p., 111 phot., 9 cartes et 2 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'auteur et de l'éditeur). 40442

Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Rapports présentés sur la demande de la Commission d'organisation (in-8°, 230 × 145 de 949 p. avec 11 pl. 470 × 310) (Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. 3e série. Tome XIV, 3e livraison, 1re et 2e parties, 1900). Saint-Étienne, Siège de la Société, 1900 (Don de M. L. Périssé, M. de la S.). 40569

GAGES (L.). — *Travail des métaux dérivés du fer*, par L. Gages (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 202 p. avec 43 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1900 (Don de l'éditeur). 40528

HUBERT (H.). — *Utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice*, par H. Hubert (Exposition universelle de 1900. Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Extrait du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale, 3e série, tome XIV, 1900) (in-8°, 235 × 145 de 57 p.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1900 (Don de M. A. Greiner, M. de la S.). 40510

Machines pour l'exploitation des mines et carrières et pour la construction des tunnels. The Ingersoll-Sergeant Drill C°, New York, 1900. Catalogue n° 42 (in-8°, 220 × 160 de 77 p.). New York and Pittsburg, Chasmar-Winchell, 1900. 40441

POURCEL (AL.). — *Sur les définitions des fontes, fers et aciers.* Communication présentée par M. Al. Pourcel (Congrès international des Méthodes d'essai des matériaux de construction tenu à Paris du 9 au 16 juillet 1900) (in-4°, 320 × 220 de 4 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40435

République Sud-Africaine. Exposition universelle de 1900. Notice sur l'Exposition minière (in-4°, 345 × 220 de 22 p. avec illustr.). Paris, Jehlen et Léguillon, 1900. 40436

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXIX. February 1899 to September 1899 inclusive (in-8°, 245 × 155 de 1074 p.). New York City, Published by the Institute, 1900. 40408

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Canal de la Marne à la Saône. Concours au sujet de l'établissement d'appareils mécaniques ouvert en exécution des décisions ministérielles des 20 mai et 20 juin 1881, et Projets comparatifs de la descente en Saône, entre le bief de partage et le bief de Villegusien, par des écluses ou par des appareils mécaniques (Dossier 330 × 250 comprenant 6 pièces) (Don de M. Jules Fleury, M. de la S.). 40461 à 40465

MAZOYER. — *Note sur le nouveau système des écluses à grande chute du canal de Roanne à Digoin*, par M. Mazoyer (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 2e trimestre 1900) (in-8°, 220 × 140 de 10 p. avec 1 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de M. Reymond, M. de la S., de la part de l'auteur). 40494

MOREIRA DA MOTTA (D.). — *Notice sur le port de Ponta-Delgada (Archipel des Açores, Ile de Saint-Michelo)*, par Diniz Moreira da Motta (Exposicion universelle de 1900) (in-8°, 230 × 160 de 37 p.). Lisbonne, Libanio da Silvia, 1900 (Don de l'Association des Ingénieurs Civils Portugais). 40503

Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1897, avec le Résumé des Observations centralisées pendant la même année (Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour) (in-f° 450 × 280 de 4 feuilles autog. et in-8°, 270 × 175 de 30 p. avec 3 tableaux). Paris, A. Dencède. Pau, Garet, 1899. 40571 et 40572

Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1898, avec le Résumé des Observations centralisées pendant la même année (Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour) (in-f° 450 × 280 de 4 feuilles autog. et in-8°, 270 × 175 de 16 p. avec 4 tableaux). Paris, A. Dencède, 1900. Pau, Garet, 1900. 40449 et 40450

Report of the Superintendent of the U. S. Coast and Geodetic Survey showing the progress of the Work, from July 1 st, 1897 to June 30 th, 1898 (in-8°, 290 × 230 de 489 p. avec illust.). Washington, Government Printing Office, 1899. 40460

Société anonyme « Werf Conrad » Haarlem, Hollande (Album 240 × 330 de 54 phot.). Amsterdam, Rœloffzen-Hubner et Van Santen (Don de M. J. Massalski, M. de la S.). 40404

VAUTHIER (L.-L.). — *Note sur une meilleure utilisation des cours d'eau naturels comme voies navigables à l'aide de réservoirs d'étiage.* Communication présentée par M. L.-L. Vauthier (VIIIe Congrès international de Navigation, Paris, 1900. Première section) (in-8°, 265 × 175 de 15 p.). Paris, Lahure, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40507

Physique.

PACCHIONI (ING. A.). — *Il tiraggio artificiale dei foccolari* (Estratto dalla Rivista Agricola-Industriale) (in-8°, 240 × 160 de 121 p.). Roma, Fratelli Centenari, 1900 (Don de l'auteur). 40437

PACCHIONI (ING. A.). — *La fabbricazione del ghiaccio col sistema Holden* (Estratto dalla Rivista Agricola-Industriale) (in-8°, 235 × 160 de 17 p.). Roma, Fratelli Centenari, 1900 (Don de l'auteur). 40438

Routes.

Commonwealth of Massachusetts. A Description of the Topographical Model of Metropolitan Boston, G.-C. Curtis, Sculptor (in-8°, 255 × 175 de 39 p. avec 2 pl.). Boston, Wright and Potter Printing C°, 1900 (Don de M. A.-D. Fuller, M. de la S.). 40501

LALLEMAND (CH.). — *Réfection du cadastre de la commune de Neuilly-Plaisance, Seine-et-Oise*, par M. Charles Lallemand (Ministère des Travaux publics. Commission extraparlementaire du cadastre. Sous-Commission technique) (in-4°, 320 × 215 de 36 p. avec 7 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1898 (Don de l'auteur). 40530

Sciences mathématiques.

CAVEGLIA (C.). — *Sulla teoria della travi e dei lastroni di cemento armato caricati di pesi*, per Crescentino Caveglia (in-8°, 230 × 160 de 98 p. avec 2 pl.). Roma, Enrico Voghera, 1900 (Don de la Rivista d'Artiglieria e Genio). 40495

Commission des Méthodes d'essai des Matériaux de construction. Deuxième session. Tome I. Documents généraux (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 335 × 220 de 86 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40502

Commission des Méthodes d'essai des Matériaux de construction. Deuxième session. Tome II. Section A. Métaux. Rapports particuliers (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 335 × 220 de 351 p. avec 46 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40545

Commission des Méthodes d'essai des Matériaux de construction. Deuxième session. Tome III. Section B et Sections A et B réunies. Matériaux de construction autres que les métaux et produits secondaires des matériaux de construction. Rapports particuliers (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 335 × 220 de 263 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40546

Ollivier (A.). — *Étude de la résistance des matériaux de 1867 à 1878.* Note présentée par M. A. Ollivier (Congrès international des Méthodes d'essai des matériaux de construction tenu à Paris du 9 au 16 juillet 1900) (in-4°, 320 × 220 de 2 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40434

Rey (P.). — *Analyse des Mémoires de MM. Jasinski et Considère sur les pièces comprimées*, par Pierre Rey (in-4°, 310 × 210 de 22 p. autogr.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 40425

Sciences morales. Divers.

De Paris en Italie, Florence, Milan, Venise, par le chemin de fer de l'Est et le Saint-Gothard (100 vues pittoresques en 12 pl. 325 × 250) (Compagnie des Chemins de fer de l'Est). Nancy, A. Bergeret et Cie (Don de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est. Exploitation. Service commercial). 46666

Discours prononcés les 19 et 20 novembre 1900 aux funérailles des chers et regrettés Collègues Gustave Kumps et Camille Blanchart (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 230 × 155 de 19 p.). Bruxelles, Imprimerie nouvelle, 1900. 40570

Technologie générale.

Californie. Illustration pour l'Exposition de Paris 1900 (Album 180 × 165 de 86 p. en français, anglais et allemand) (Don de la Commission Californienne). 40395

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. *Tome quatre-vingt-dix-huitième. 1re et 2e Partie. Nouvelle série* (2 volumes in-8°, 245 × 160). Paris, Imprimerie nationale, 1900. 40429 et 40430

Eiffel (G.). — *Travaux scientifiques exécutés à la Tour de trois cents mètres, de 1889 à 1900*, par G. Eiffel (in-4°, 315×245 de 262 p. avec une carte et un frontispice). Paris, L. Maretheux, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40423

Hospitalier (E.). — *Vocabulaire technique, industriel et commercial, Français, Anglais, Allemand*, par E. Hospitalier (in-18, 210 × 90 de 316 p.). Paris, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 40458

Katalog der Bibliotek des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines in Wien, (in-8°, 230 × 153 de 418 p.). Wien, 1900. 40456

La Grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts, par une Société de savants et de gens de lettres. Tome vingt-huitième. Rabbinisme-Saas (in-8°, 310 × 210 de 1 256 p.). Paris, Société Anonyme de la Grande Encyclopédie, 1900. 40542

Map of California. Issued by the California Paris Exposition Commission of 1900 (6 cartes 1 060 × 710). San Francisco, H.-S. Crocker C° (Don de la Commission Californienne). 40396 à 40401

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CXLII, 1899-1900, Part. IV (in-8°, 220 × 140 de VII-528 p. avec 10 pl.). London, Published by the Institute, 1900. 40504

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject Index, Vols CXIX to CXLII. Sessions 1894-95 to 1899-1900 (in-8°, 240 × 140 de 106 p.). London, Published by the Institution, 1900. 40505

QUANTIN (A.). — *L'Exposition du siècle, 14 avril-12 novembre 1900, Paris,* par A. Quantin (in-8°, de XX-368 p. avec illustrations). Paris, Le Monde moderne, 1900. 40531

Règlement spécial relatif à l'installation et au fonctionnement des appareils mécaniques, électriques et hydrauliques à l'Exposition de 1900 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 285 × 185 de III-164 p. avec 2 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1899 (Don de M. Ch. Bourdon, M. de la S.). 40508

REGNARD (P.). — *Modèles et plans en relief figurant à l'Exposition universelle de 1900* (une feuille 240 × 310). Paris, L. Courtier (Don de M. P. Regnard, M. de la S.). 40413

Repertorium der Technischen Journal- Litteratur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1899 (in-8°, 285 × 200 de 1 038 p.). Berlin, Carl-Heymanns, 1900. 40529

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XXI, 1900 (in-8°, 260 × 160 de XXII-1 177 p. avec 372 fig.). New-York City, Published by the Society. 1900. 40540

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland, Vol. XLIII, Forty-Third session 1899-1900 (in-8°, 220 × 140 de VIII-419 p. avec 16 pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1900. 40573

Travaux publics.

Annuaire des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des Travaux publics, 1900. Cinquante-cinquième édition (in-8°, 215 × 135 de 328 p.). Paris, Paul Dupont, 1900. 40538

Annual Report of the Street Department Boston for the year 1899 (in-8°, 235 × 150 de xi-72-305 p. avec 42 illustrations). Boston, Municipal Printing, 1900. 40407

Association des Ingénieurs civils Portugais. Photographies de la salle d'Assemblée générale, de la Bibliothèque et du Secrétariat et de la salle de la Direction (3 feuilles, 270 × 335). 40493

Commonwealth of Massachusetts. A History and Description of the Boston Metropolitan Parks (in-8°, 230 × 155 de 36 p. avec 8 pl. et 1 carte). Boston, Wright and Potter Printing C°, 1900 (Don de M. A.-D. Fuller, M. de la S.). 40498

Congrès national des Travaux publics français, Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France, 22-26 octobre 1900, Paris. (Dossier renfermant 27 pièces) (Don de M. le Secrétaire général du Congrès). 40466 à 40492

Établissement céramique Eredi Frazzi fu Andrea, Crémone, Italie. Catalogue des produits, 1900 (in-8°, 240 × 170 de 55 p.). Milano, Wild and C°. 40415

Main Drainage Works of Boston and its Metropolitan Parks Sewerage District (in-8°, 230 × 145 de 48 p. avec 14 pl. et 2 cartes). Boston, Wright and Potter Printing C°, 1899 (Don de M. A.-D. Fuller, M. de la S.). 40496

NARDUCCI (P.). — *Fognatura della città di Roma sulla sinistra del Tevere*, per l'Ingegnere Pietro Narducci (in-4°, 290 × 240 de 14 p. avec 3 pl.). Roma, Forzani e C., 1884 (Don de M. A. Cousin, M. de la S.). 40403

Notice sur le service des Eaux et de l'assainissement de Paris (Exposition universelle de 1900. Préfecture du Département de la Seine. Direction administrative de la voie publique et des eaux et égouts) (in-8°, 220 × 155 de 524 p. avec nombreuses figures). Paris, Ch. Béranger, 1900 (Don de M. G. Bechmann). 40575

Water Supply and Work of the Metropolitan Water District (Boston and its Vicinity) in the Commonwealth of Massachusetts, U. S. A. (in-8°, 230 × 150 de 43 p. avec 27 pl. et 1 carte). Boston, Wright and Potter Printing C°, 1900 (Don de M. A.-D. Fuller, M. de la S.). 40499

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Sont admis comme Membres Sociétaires, MM.

C. Bohn,	présenté par MM.	Marconnet, Pirani, Tachard.
P.-A.-J. du Bousquet,	—	du Bousquet, Brévillé, Delaporte.
L. Duval,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
F. Journet,	—	Duthu, Kopp, Mallard.
A. Macon,	—	Canet, A. Bonnefond, P. Bodin.
A.-V. Malaquin,	—	Badois, F. Bonnefond, Peigné.
Ch. Roset,	—	Boursault, Derennes, Forest.
A.-A. de Stampa,	—	Canet, Faucon, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1900

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 DÉCEMBRE 1900

PRÉSIDENCE DE M. G. CANET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Au sujet du procès-verbal de la dernière séance, M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'une lettre de M. G. Leroux, relative à la communication faite par M. Marcel Delmas, à la dernière séance, et de la réponse de ce dernier.

La lettre de M. G. Leroux est ainsi conçue ;

« Paris, le 24 novembre 1900.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Dans sa communication du 16 novembre, notre Collègue M. Delmas, » a indiqué comme vitesse commerciale de certaines lignes de tramways » parisiens des chiffres qui m'ont paru de suite anormaux, mais que je » n'ai pu rectifier en séance, n'ayant pas entre les mains les documents » nécessaires.

» Je me permets donc de joindre à cette lettre un tableau indiquant » les vitesses commerciales réelles de ces lignes, avec les éléments en » permettant la vérification. Sauf cette légère rectification, je suis de » l'avis de notre Collègue, ces vitesses commerciales sont extrêmement » faibles. Mais si dans sa très intéressante communication, M. Delmas » a nettement indiqué les défauts de l'organisation actuelle des moyens » de transport dans Paris et les résultats qu'il serait nécessaire d'ob- » tenir, les moyens réellement pratiques d'arriver à ces résultats ne » semblent pas ressortir aussi nettement, car je ne puis considérer » comme possibles les solutions américaines qu'il préconise.

» Toutes les critiques ont été formulées, mais je ne crois pas qu'il

» en ait été de même pour les difficultés d'exploitation de toute » nature rencontrées à Paris par les Compagnies de Tramways, habi- » tudes du public, exigences administratives, syndicales ou autres, qui » doivent cependant être connues pour faciliter la recherche des amé- » liorations si justement réclamées par M. Delmas.

» Je me tiens donc à votre disposition pour en faire un très rapide » exposé, soit au début d'une prochaine séance, soit ultérieurement, » après la publication du rapport complet de notre Collègue dans le » *Bulletin* de la Société.

» Veuillez, etc. » *Signé :* G. Leroux. »

A cette lettre, était joint le tableau suivant :

Etat indiquant la vitesse commerciale de certaines lignes de tramways.

LIGNES	LONGUEUR DE LA LIGNE en mètres	DURÉE du PARCOURS	VITESSE COMMERCIALE en km.		NOMBRE d'arrêts	DISTANCE MOYENNE des arrêts
			indiquée par M. Delmas	RÉELLE		
Vincennes-Louvre	8.258	46′	7,6	10,77	26	330
Passy-Hôtel-de-Ville . . .	6.396	37′	8,8	10,37	15	456
La Muette-Rue Taibout. .	6.146	35′	10,1	10.53	16	410
Auteuil-Madeleine	7.411	45′	6,8	9,88	19	411
Charenton-Bastille	7.200	27′		16	17	450
Étoile-Montparnasse. . . .	4.025	27′		8,95	15	237

La réponse de M. Delmas est ainsi conçue :

« 30 novembre 1900.

» Monsieur le Président,

» En réponse aux observations de notre Collègue, M. G. Leroux, au » nom de la Compagnie Générale des Omnibus, je voudrais faire » observer que les chiffres que j'ai donnés n'ont pas été pris dans les » bureaux de la Compagnie des Omnibus, sur des horaires réglemen- » taires, comme ceux communiqués par M. Leroux, et trop rarement » observés, malgré la vitesse bien faible qu'ils indiquent.

» Ces chiffres résultent de comptages faits *in anima vili*, comme peut » le faire le premier citoyen venu, muni d'une montre à secondes, et » payant sa place en tramway. Ces comptages ont été répétés plusieurs » fois, sur différentes lignes, *aux heures ou le public s'en sert.*

» La publication *in extenso* de mon mémoire au *Bulletin* me paraît » répondre d'avance aux différents points de la lettre de M. Leroux.

» Veuillez, etc.

» *Signé :* Marcel Delmas.

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès des Collègues dont les noms suivent :

M. J. Bonnemère de Chavigny, ancien élève de l'École polytechnique, Membre de la Société depuis 1888, ancien Ingénieur de la Compagnie d'Orléans, président du Syndicat agricole de Varennes-sur-Loire ;

M. E. Joncourt, Membre de la Société depuis 1890, entrepreneur de travaux publics, chevalier de la Légion d'honneur. M. Joncourt est mort depuis le mois de mai dernier, mais la Société n'en a été avisée que dernièrement ;

M. G. Kumps, Membre de la Société depuis 1896, Ingénieur en chef honoraire des Ponts et Chaussées de Belgique ;

M. J. Sarcia, Membre de la Société depuis 1894, a été directeur de la Société anonyme pour le Travail électrique des métaux et Ingénieur à la Compagnie Générale de Traction.

M. le Président a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

Ont été nommés :

Officier de l'Instruction publique, M. J.-A. Moréal de Brévans ;

Officier d'Académie, M. A.-J. Meyer May ;

Chevalier du Mérite agricole, M. F.-P. Guillon ; et enfin,

Commandeur de la Couronne de Roumanie, M. E.-A. Ziffer.

M. le Président fait connaître que l'Iron and Steel Institute, sur la proposition de son Président, l'a nommé Membre honoraire.

M. le Président dit que la Société doit être d'autant plus honorée de la distinction accordée à son Président que l'Iron and Steel, à part le Prince de Galles, le Roi des Belges et le Roi de Suède, ne compte que cinq Membres honoraires. *(Applaudissements.)*

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui figurera au prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages il signale plus spécialement la note de M. L.-L. Vauthier présentée par ce dernier au huitième Congrès International de Navigation, et deux brochures relatives à la question des moteurs à gaz de hauts fourneaux qui nous ont été adressées par la Société anonyme John Cockerill.

M. le Président communique à la Société les avis suivants :

Une Exposition internationale, Salon de l'Automobile, du Cycle et des Sports, organisée par l'Automobile-Club de France avec le concours de Chambres syndicales de cycles et d'automobiles, aura lieu du 21 janvier au 10 février 1901 au Grand-Palais des Champs-Elysées.

Le Congrès national des Sociétés Françaises de Géographie tiendra à Nancy sa vingt-deuxième session du 1er au 5 août 1901.

La Société Industrielle d'Amiens adresse le programme des questions mises par elle au concours pour l'année 1901.

La Société Technique de l'Industrie du Gaz en France envoie également le programme des concours ouverts par elle pour les prix qu'elle doit décerner en 1901.

Enfin, la municipalité de Brive fait parvenir l'ordre du jour voté par son Conseil municipal relativement à un concours ouvert pour diverses installations d'éclairage au gaz et à l'électricité.

Les Collègues que ces diverses questions intéressent peuvent prendre connaissance de tous ces documents au Secrétariat.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Bourdon sur les *Installations générales du service mécanique de l'Exposition.* »

M. Ch. Bourdon divise son exposé en douze chapitres correspondant aux différents travaux qu'eut à exécuter le service dont il était l'Ingénieur en chef.

I. — *Organisation et attributions des services.*

L'ensemble des travaux des services techniques fut étudié et exécuté sous la haute direction de M. Delaunay-Belleville, directeur général de l'exploitation qui, malgré les charges énormes qui résultaient pour lui de cette importante direction, suivit ces travaux avec la plus vive sollicitude et en arrêta tous les détails.

De juin 1897 à janvier 1899 le service mécanique fit toutes les études, devis, cahiers des charges et adjudications de tous les grands travaux préparatoires, des installations de la force motrice et des expositions du groupe de la mécanique.

Pour toute cette première partie du travail, ainsi que pour l'exécution de tous les ouvrages souterrains, un personnel très restreint, composé de deux inspecteurs et d'un expéditionnaire put suffire. Mais au commencement de 1899, le détail de l'installation des machines motrices et appareils exposés nécessita la nomination d'un ingénieur adjoint. Enfin dans les premiers mois de 1900, le personnel se compléta en vue de la période d'exploitation qui exigeait une surveillance extrêmement vigilante et pour laquelle une organisation spéciale fut nécessaire.

Pour la suite des travaux dont il était chargé, les attributions du service mécanique comprenaient :

1° L'étude de l'utilisation, de la répartition et de l'aménagement des espaces destinés aux groupes mécanique et électrique des sections française et étrangères;

2° Tous les travaux préparatoires des installations du service de la force motrice et des machines en mouvement ;

3° Le service journalier de la force motrice nécessaire pour la mise en mouvement des machines et pour l'éclairage;

4° La surveillance de tout l'ensemble des installations mécaniques.

II. — *Disposition et utilisation des emplacements réservés aux installations des groupes de la mécanique et de l'électricité.*

M. Bourdon fait projeter une coupe des Palais, faite suivant l'axe longitudinal du Champ-de-Mars, dressée au mois de mars 1898 et qui montre les dispositions générales adoptées pour les installations, ainsi que les principaux travaux qu'il y avait à exécuter pour l'aménagement des emplacements. Cet avant-projet n'a subi que des modifications de détail. Un plan à grande échelle montre comment la surface des Palais a été définitivement répartie entre les sections française et étrangères.

III. — *Aménagement des emplacements.*

Ces aménagements consistaient principalement en pose de voies ferrées, établissement de canalisations diverses et installation d'appareils de levage.

En plus du réseau général des voies ferrées raccordées à la grande gare créée au centre du Champ-de-Mars, il fut établi une voie desservant les bâtiments des chaudières et permettant d'amener, sans passer sur les plaques tournantes, d'abord les éléments constitutifs des générateurs, puis, pendant l'exploitation, une proportion importante du combustible consommé; cette voie rejoignait directement, par la rue de la Fédération, la gare de la Compagnie de l'Ouest.

Les canalisations qu'il y eut à établir pour le fonctionnement des machines furent les suivantes :

Conduites d'eau à basse pression pour les condenseurs;
— recevant les eaux chaudes rejetées par les condenseurs;
— d'eau à moyenne pression;
— de distribution de vapeur;
— collectrices des purges;
— d'alimentation des chaudières;
— de vidange —
— d'eau à haute pression pour incendie et machines diverses;
— de gaz;
— d'air comprimé;
Canalisations électriques.

IV. — *Travaux préparatoires de la distribution d'eau et de vapeur des machines.*

Pour recevoir les conduites des quatre premières catégories de la nomenclature précédente, il fallut construire un réseau de galeries souterraines de 2,60 *m* de largeur sur 2,70 *m* de hauteur, ayant environ 1 700 *m* de développement. Le radier de ces galeries se trouvait en moyenne à 4,20 *m* en contrebas du sol et avait une pente générale vers deux points de raccordement avec les égouts des avenues de Suffren et de La Bourdonnais.

M. Bourdon donne des explications sur le mode de construction des différentes conduites et les conditions dans lesquelles étaient faits les branchements des machines et appareils ayant besoin d'eau et de vapeur.

V. — *Bases générales d'établissement des services de la force motrice et de l'éclairage.*

Les prévisions d'après lesquelles on proportionna les différentes parties de l'installation furent les suivantes : on admit qu'il faudrait 5000 *ch* pour la force motrice et 15 000 *ch* pour l'éclairage.

Pour disposer à tout moment de 20 000 *ch*, les courants électriques fournis étant de natures très différentes, il fallait avoir un assez grand nombre de machines de rechange, soit un ensemble représentant en totalité une puissance presque double c'est-à-dire environ 40 000 *ch*. Les marchés passés avec les constructeurs assurèrent à l'administration la disponibilité de 38 000 *ch*.

D'après ces chiffres, l'installation des chaudières devait correspondre à une production de 200 000 *kg* de vapeur par heure, soit 220 000 *kg* avec

les rechanges. En réalité, dans le courant de la journée, la consommation a atteint ce dernier chiffre.

Pour condenser cette vapeur à la sortie des cylindres des machines, il fallait 1 200 *l* d'eau par seconde.

VI. — *Distribution de l'eau à basse et moyenne pression.*

Pour se procurer la quantité d'eau ci-dessus, que la distribution de la Ville ne pouvait fournir, le service hydraulique dont M. Meunier était l'Ingénieur principal, installa sur le bord de la Seine des machines élévatoires spéciales ; à la suite d'un concours, la Compagnie française des pompes Worthington obtint cette importante entreprise. L'usine qu'elle installa comprenait 4 pompes à triple expansion et à action directe desservies par une batterie de chaudières de la Société Babcock et Wilcox.

L'eau refoulée à mi-hauteur du château d'eau alimentait les jets à basse pression ou tombait en cascade. Les jets à haute pression étaient raccordés avec les conduites de la Ville. De quelque côté qu'elle vienne, l'eau tombait finalement dans le bassin inférieur d'où elle était distribuée dans toutes les galeries souterraines par des canalisations en fonte du type de la Ville ayant 0.80 *m* et 0,60 *m* de diamètre. Cette eau ne montait donc pas au-dessus du niveau du sol. Il fut alors nécessaire, pour les machines à papier, les moteurs à gaz et divers autres appareils ayant besoin d'eau au-dessus du niveau du sol, d'établir une distribution spéciale alimentée par une canalisation raccordée avec le bassin du château d'eau dans lequel refoulaient les machines élévatoires.

Parallèlement à cette distribution était une conduite de mêmes dimensions pour recueillir les eaux chaudes sortant des condenseurs et les renvoyer à la Seine.

VII. — *Production de la vapeur.*

M. Bourdon donne des renseignements sur la disposition d'ensemble de l'installation des chaudières et sur la construction du bâtiment qui les abritait. L'ensemble de l'installation comprenait les deux grandes batteries de chaudières des usines Suffren et La Bourdonnais. Il y avait 42 chaudières dans la première usine, et 50 dans la seconde, soit 92 chaudières donnant ensemble 15 000 m^2 de surface de chauffe et 396 m^2 de surface de grille. Elles vaporisaient en moyenne 2 100 m^3 d'eau par jour.

Les cheminées et les carneaux de fumée font l'objet d'une description complète.

Les fumées des usines Suffren et La Bourdonnais furent réunies dans deux grandes cheminées que leur gros diamètre permit d'élever à une grande hauteur afin de rejeter la fumée à un niveau aussi élevé que possible. Cette mesure était la seule qu'il ait été possible de prendre pour diminuer les inconvénients de la fumée, car si on avait exigé l'application d'appareils fumivores, les constructeurs n'auraient probablement pas consenti à installer des chaudières qui ne fussent pas de leurs types courants et si on avait voulu brûler du coke, des approvisionnements correspondant à 300 *t* de houille n'auraient pu se faire en raison de leur énorme volume.

A la suite d'un concours ouvert dans le but de permettre aux entrepreneurs spécialistes de présenter, pour ces importants édifices, les systèmes de construction qu'ils préconisaient, MM. Nicou et Demarigny furent chargés d'exécuter, suivant le projet qu'ils avaient dressé, la cheminée de l'usine La Bourdonnais. Le jury du concours n'ayant retenu que ce projet, la construction de l'usine Suffren, suivant des plans établis par l'administration, fut l'objet d'une adjudication à la suite de laquelle MM. Toisoul et Fradet obtinrent cette entreprise.

Les carneaux de fumée furent établis suivant une disposition nouvelle, étudiée en vue de réduire autant que possible la dépense, d'assurer un tirage égal de toutes les chaudières, d'éviter que les différents constructeurs aient à faire, dans l'intérieur des carneaux généraux, des conduits accessoires risquant de nuire au tirage des chaudières voisines.

Ce programme s'est trouvé complètement rempli par le système de construction adopté. Le tirage fut uniforme en tous les points des carneaux, qui avaient environ 140 *m* de long, car la dépression qui était de 4 *mm* d'eau à la base des chaudières, ne se trouvait diminué que de 5 *mm* par les pertes de charge, à l'extrémité des carneaux

MM. Nicou et Demarigny furent, à la suite d'une adjudication, chargés de cet important travail.

VIII. — *Distribution de la vapeur.*

Cette partie de l'installation était particulièrement délicate et elle fut étudiée avec le plus grand soin. La distribution de la vapeur se faisait sur une surface de 55 000 m^2. Pour l'établissement de la canalisation générale de distribution, on adopta un diamètre uniforme de 0,250 et suivant l'importance de la consommation dans les différentes parties du Palais, on multiplia autant qu'il fut nécessaire le nombre des conduites; en sorte que l'ensemble de la distribution comprenait 16 artères principales ayant un développement de près de 3 *km.*

Quatre collecteurs munis de vannes permettaient de régler de l'extérieur, avec une grande sécurité, l'alimentation de chacune des conduites

L'écoulement des condensations, qui se faisait dans le sens du courant de vapeur, était assuré par 70 purgeurs automatiques raccordés à une canalisation spéciale collectrice de purges.

Pour limiter les déplacements dus à la dilatation, toutes les conduites furent divisées en une série de tronçons de 30 *m*, munies, quand leur extrémité n'était pas libre, de presses-étoupes formant, en même temps, butée du tronçon qui faisait suite à celui dont l'allongement déterminait le déplacement du presse-étoupe.

A la suite d'un concours ouvert pour permettre aux constructeurs de presenter leur type de matériel, l'entreprise fut donnée à un consortium formé par la Société des générateurs Mathot, à Rœux-les-Arras, la maison Muller et Roger et MM. Supervielle et Pallier.

Toute la canalisation fut établie en tuyaux de tôle d'acier rivée, assemblés entre eux au moyen de joints à bagues biconiques employés dans la jonction des éléments et de la tuyauterie des chaudières de Nayer.

IX. — *Disposition de l'installation des machines du service de la force motrice. — Appareils de levage.*

Toutes les machines utilisées pour le service de la force motrice et pour l'éclairage furent des groupes électrogènes, c'est-à-dire des machines dans lesquelles la dynamo était montée directement sur l'arbre du moteur. Des machines avec commandes par courroies auraient exigé des emplacements trop grands.

En principe, toutes ces machines devraient être placées dans les deux galeries de 30 *m*, mais leur nombre ne permit pas de suivre complètement ce programme et plusieurs d'entre elles furent montées dans les halls voisins de la Salle des Illusions et dans les galeries du Palais Paulin, côté Suffren.

Dans les galeries de 30 *m* les dispositions des deux installations furent différentes, en raison de la manière dont étaient établies les voies de roulement des appareils de levage qui desservaient ces emplacements.

Du côté français, la grue Titan, de la maison Leblanc, avait sa voie de circulation dans l'axe de la galerie, et du côté étranger, le grand portique de la maison Florh, de Berlin, circulait sur une voie montée le long des piliers de la charpente.

La disposition du côté de la Section française avait permis d'avoir dans l'axe de la galerie un grand chemin de circulation et de faire pénétrer les machines sous les galeries de pourtour. L'espace utilisable pour le montage des machines s'est ainsi trouvé augmenté dans une très notable proportion. En outre, l'emploi du Titan avait eu l'avantage d'éviter que les chemins de roulement de l'appareil de levage fussent intercalés entre les galeries souterraines contenant les canalisations d'eau et de vapeur et les machines à desservir.

X. — *Transmission du mouvement.*

Les transmissions de mouvement avaient à l'Exposition une importance tout à fait secondaire puisque beaucoup des machines qui fonctionnaient étaient commandées directement par des dynamos alimentées sur la distribution générale d'énergie électrique. Cependant, dans quelques classes il fut indispensable d'établir des tronçons isolés d'arbres de transmission pour commander des machines non pourvues de dynamos.

La disposition adoptée pour l'installation de ces transmissions consistait en des supports descendant jusqu'au sol et écartés de 9 *m*, tandis que deux paliers intermédiaires reposaient sur des chaises supportées par une poutre reliant les deux piliers d'extrémité de la travée.

XI. — *Règlement spécial relatif à l'installation et au fonctionnement des appareils mécaniques, électriques et hydrauliques.*

Ce document, très important, dans lequel se trouvaient toutes les prescriptions imposées aux constructeurs ayant des machines en mouvement, était complété, comme pièces annexes, par une série d'extraits des conventions, marchés et cahiers des charges établis pour les fournitures et travaux divers des services techniques.

XII. — *Ventilation des principaux Palais du Champ-de-Mars.*

L'administration de l'Exposition, craignant que pendant les chaleurs de l'été le séjour soit pénible dans la Salle des Fêtes, dans les deux portions du Palais de l'Agriculture et dans les galeries des groupes électrogènes décida qu'il serait établi une ventilation de ces Palais. Le cube total à ventiler était de 1 500 000 m^3.

Le service mécanique fut chargé de cet important travail.

Pour qu'un résultat favorable fût atteint, il était indispensable, aussi bien pour la Salle des Fêtes que pour les Palais de l'Agriculture, côtés français et étranger d'amener de l'air frais au centre des locaux ; les courants venant du pourtour par les ouvertures des portes ne pénètrent pas, en effet, assez loin à l'intérieur pour rafraichir le milieu de locaux aussi larges.

Il fut alors établi une série de caniveaux en maçonnerie dans lesquels soufflaient des ventilateurs placés à l'extérieur.

En outre, des conduits en bois, suspendus en dessous du plancher des galeries de pourtour, permettaient, au moyen de ventilateurs hélicoïdaux, de puiser l'air au dehors et de le refouler dans les Palais.

La Salle des Fêtes fut ventilée par quatre ventilateurs Leroy pouvant débiter chacun 65 000 m^3 d'air à l'heure, et deux ventilateurs Fouché avec rafraichisseurs qui en fournissaient chacun 25 000 m^3.

Pour les deux Palais de l'Agriculture on monta quatre ventilateurs Farcot débitant chacun 54 000 m^3 par heure.

Enfin, trente déplaceurs d'air de 5 000 m^3, système Huglo complétaient la ventilation des Palais de l'Agriculture et fournissaient l'air aux galeries des groupes électrogènes.

M. le Président, au nom de la Société, remercie très vivement notre Collègue, qui a dirigé avec tant de compétence le service mécanique de l'Exposition de 1900, d'avoir bien voulu, malgré la surcharge de ses occupations, apporter ce travail si remarquable, si complet et si rempli de renseignements qui intéressent tous les membres. L'organisation d'une usine si colossale, son bon fonctionnement pendant sept mois, ont nécessité de la part de notre Collègue un travail considérable. La croix d'officier de la Légion d'honneur qui lui a été décernée n'est que la juste récompense de ses importants travaux. Il le prie de recevoir ses félicitations pour cet honneur, qui lui était si bien dû.

M. le Président ajoute qu'il assistait, lundi dernier, au banquet de la Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs, au cours duquel il a été donné lecture d'une lettre de M. Delaunay-Belleville qui s'excusait de ne pouvoir y assister.

Dans cette lettre, un passage était consacré à M. Ch. Bourdon.

M. le Président demande à la Société la permission de lui faire connaitre ce passage, qui a d'autant plus de valeur qu'il exprime l'opinion de M. Delaunay-Belleville, chef direct de M. Ch. Bourdon, et qui, par suite, était mieux à même que quiconque d'apprécier les services que ce dernier a rendus à l'Exposition.

Voici ce passage :

« Paris, le 3 décembre 1900.

. . . .

» Avant de clore cette lettre, permettez-moi de vous prier de remer-
» cier, au nom de la Chambre syndicale dont vous êtes aujourd'hui
» l'organe autorisé, l'homme qui a le plus contribué au succès de nos
» Collègues en mettant en scène si magistralement l'ensemble de nos
» expositions mécaniques, en organisant avec tant de méthode nos
» formidables usines de production de force motrice, notre cher Collègue
» Charles Bourdon.

» Malgré l'assemblage disparate de tant d'appareils de tout système
» et de toute provenance, Charles Bourdon a su établir, dans l'ensemble,
» une si heureuse harmonie, que l'exploitation de cet atelier, si excep-
» tionnel par sa conception et par sa grandeur, s'est poursuivie pen-
» dant sept mois, au milieu des foules sans cesse renouvelées, sans que
» le public ait subi, du fait de nos installations, un seul accident de
» personnes.

» Cet heureux résultat fait le plus grand honneur à l'organisateur
» prévoyant de tout l'ensemble.

. . . .

» *Signé :* DELAUNAY-BELLEVILLE. »

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'il n'a rien à ajouter à cet éloge et remercie à nouveau M. Ch. Bourdon.

M. CH. BOURDON tient à remercier M. le Président et ses Collègues des félicitations qui viennent de lui être adressées, et qui, appuyées de la teneur si flatteuse de la lettre de M. Delaunay-Belleville, constituent la plus grande satisfaction de sa carrière industrielle.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. K.-C. Bandyopadhyay, F.-J. Erhard, J.-E. Kelley, P. Novince, comme Membres sociétaires et de M. A.-H.-G. Armand, comme Membre associé.

MM. C. Bohn, P.-A.J. du Bousquet, L. Duval, F. Journet, A. Macon, A.-V. Malaquin, Ch. Roset, A.-A. de Stampa sont reçus Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
Georges COURTOIS.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 DÉCEMBRE 1900

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

PRÉSIDENCE DE M. G. CANET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des Statuts, M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport annuel sur la situation financière. Il s'exprime ainsi :

SITUATION AU 30 NOVEMBRE 1900

MESSIEURS,

Le 1er décembre 1899, les Membres de la Société étaient au nombre de.	3 460
Du 1er décembre 1899 au 30 novembre 1900, les admissions ont été de	264
formant un total de.	3 724
Pendant le même laps de temps, la Société a perdu. . . . . soit 68 décès, et 18 démissions et radiations.	86
Le total des Membres de la Société au 30 novembre 1900 est ainsi de	3 638
Il a donc augmenté, pendant l'année, de.	178

L'augmentation nette est donc la même que celle de l'exercice précédent.

Le Bilan au 30 novembre 1900 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le fonds inaliénable	Fr.	260 969 80
2° Les espèces en caisse		6 526 45
3° Les débiteurs divers		59 391 61
4° Les valeurs amortissables		2 500 »
5° La bibliothèque		11 000 »
6° L'immeuble nouveau		1 092 543 93
Total	Fr.	1 432 931 79

Le Passif se compose de :

1° Les créditeurs divers	Fr.	55 480 »
2° Les prix divers de 1901 et suivants		9 110 60
3° L'emprunt		600 000 »
4° Les coupons échus et à échoir		17 474 05
5° Le fonds de secours		788 76
6° Les travaux en cours sur l'immeuble		10 308 31
	Fr.	693 161 72
Avoir de la Société		739 770 07
Total	Fr.	1 432 931 79

Nous allons maintenant examiner, comme nous le faisons chaque année, les divers articles du Bilan.

Vous remarquerez tout d'abord que le compte *Fonds inaliénable* s'est augmenté d'une somme de 77 119 *f* en titres provenant de la valeur du legs Gottschalk et d'une partie de celle du legs Huet, qui nous a été remise après liquidation. De ces legs, il reste à revenir, sur celui de Mlle Huet, un certain nombre de valeurs qui nous seront remises au fur et à mesure de l'extinction des pensions viagères que nous avons à servir, et en garantie desquelles lesdites valeurs sont restées en dépôt entre les mains des notaires; elles s'élèvent environ à 127 000 *f*, sur lesquels nous aurons à payer, le moment venu, 12 à 15 000 *f* de droits.

En ce qui concerne la fondation due à la famille Schneider, les autorisations administratives et gouvernementales ne nous sont pas encore parvenues, et nous n'avons pas pu en faire état.

Le retard est dû à des causes indépendantes de notre volonté, et nous faisons des démarches pour activer le plus possible le résultat désirable.

Les comptes *Débiteurs divers*, *Valeurs amortissables*, *Bibliothèque*, n'appellent aucune observation.

L'*Immeuble* a subi une augmentation de 3 700 *f* environ, par suite de divers achats de matériel, travaux divers et fournitures, dont état nous a été fourni par notre architecte.

Si nous examinons le Passif, nous constatons que les comptes *Créditeurs divers*, *Prix divers*, *Emprunt*, ne présentent pas de modifications

sensibles. Toutefois, vous remarquerez que nous avons un nouveau prix qui y figure, c'est le Prix Gottschalk.

Le montant des *Coupons échus ou à échoir* est de 3 000 *f* environ supérieur à celui de l'année dernière à pareille époque ; ceci provient, comme nous vous l'avons dit précédemment, de ce qu'un certain nombre de Membres de la Société ne sont pas venus, malgré nos rappels, toucher les coupons qui leur sont dus; mais nous avons les fonds nécessaires pour faire face à ce paiement.

Le compte *Souscription du Cinquantenaire* a entièrement disparu. Nous avons, en effet, au cours de l'exercice, et avec nos ressources ordinaires, fait face entièrement, non seulement à l'amortissement de ce compte, mais à celui des dépenses de l'Exposition, des réceptions et conférences-visites auxquelles il avait été affecté.

Les dépenses totales de l'Exposition, des réceptions et conférences-visites peuvent être évaluées à ce jour à environ 27 400 *f* sur lesquels 23 571,25 *f* sont déjà payés.

Il y a été fait face au moyen :

1° Des 10 000 *f* provenant du Cinquantenaire et dont nous avons fait état (en réserve au Passif) depuis deux ans, ci . . . Fr.	10 000 »
2° Des recettes faites à l'occasion des fêtes et réceptions et qui se sont élevées à	7 794 90
3° Pour le surplus, par un prélèvemont sur notre Caisse, dans le cours de l'exercice, soit	9 615 10

Enfin, sur les *Travaux en cours*, nous avons payé une somme d'environ 4 000 *f*, qui diminue d'autant le Passif de ce compte.

En somme, de la comparaison avec celui de l'année dernière, il résulte que l'Avoir de notre Société est, au 30 novembre 1900,

de. . . . . Fr.	739 770 07
alors qu'il était au 30 novembre 1899 de	649 166 88
Il a, par suite, augmenté durant cet exercice de. . Fr.	90 603 19

Cette augmentation, relativement considérable, provient de deux causes :

1° Du solde résultant du mouvement des fonds dus à nos recettes et à nos dépenses *extraordinaires;*

2° De l'excédent provenant de notre fonctionnement *normal.*

Nous allons examiner successivement ces deux points.

Budget extraordinaire.

Nous avons eu, en recettes, le legs Gottschalk pour 10 000 *f* et le legs Huet pour 67 119 *f* en titres et une soulte en espèces de 4 776,80 *f*, soit au total, comme recettes *extraordinaires*, 81 895, 80 *f*, en chiffres ronds, 81 900 *f*.

En revanche nous avons eu, comme dépenses *extraordinaires :* pour l'électricité, suivant transaction intervenue, une augmentation d'environ 3 000 *f*;

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1900

ACTIF

1° Fonds inaliénable :		
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo, 19 obligations du Midi	6 000 »	
c. Legs Giffard, 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan, 1 titre de rente 3 0/0.	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux, 11 obligations du Midi. .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
h. Legs Roy	873,50	
i. Legs de Hennaü.	96 982,50	
j. Legs Gottschalk.	10 000 »	
k. Legs Huet	67 119 »	
		260 969,80
2° Caisse : Solde disponible . . . . Fr.		6 526,45
3° Débiteurs divers :		
Cotisations 1900 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0)	8 820 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt . .	49 072,61	
Divers.	1 499 »	
		59 391,61
4° Valeurs amortissables. . . . . Fr.		2 500 »
5° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.		11 000 »
6° Immeuble :		
Mobilier ancien . . . . Fr.	6 500 »	
Terrain et frais.	398 660,30	
Terrasse	10 108 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	169 890,40	
Charpente, fer et bois	131 011,19	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	19 820,95	
Canalisation, pavage et divers	12 133,36	
Couverture et plomberie.	28 794,40	
Fumisterie.	30 151,75	
Serrurerie.	58 036,73	
Menuiserie, parquets	62 349,17	
Peinture, vitrerie.	31 257,60	
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	37 373,28	
Ameublement et matériel.	48 662,59	
Divers Hôtel.	2 090 »	
Honoraires.	31 404,21	
Travaux Immeuble	14 300 »	
		1 092 543,93
Fr.		1 432 931,79

PASSIF

1° Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours . . . . Fr.	3 500 »	
Créditeurs divers.	51 980 »	
		55 480 »
2° Prix divers 1901 et suivants :		
a. Prix Annuel . . . . Fr.	Mémoire.	
b. Prix Nozo.	273,60	
c. Prix Giffard 1899, prorogé 1902	5 000 »	
d. Prix Giffard 1902	2 515,20	
e. Prix Michel Alcan	405 »	
f. Prix François Coignet	450 »	
g. Prix Alphonse Couvreux	316,80	
h. Prix Gottschalk	150 »	
		9 110,60
3° Emprunt		600 000 »
4° Coupons échus et à échoir :		
N°s 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897 . Fr.	30,55	
N° 3. — 1er juillet 1897	27,85	
N° 4. — 1er janvier 1898 . . .	56,20	
N° 5. — 1er juillet 1898	182 »	
N° 6. — 1er janvier 1899 . . .	219,80	
N° 7. — 1er juillet 1899	899,60	
N° 8. — 1er janvier 1900 . . .	1 548,60	
N° 9. — 1er juillet 1900	3 501,45	
N° 10. — 1er janvier 1901 . . .	11 008 »	
		17 474,05
5° Fonds de secours . . . . Fr.		788,76
6° Immeuble. Travaux en cours sur ledit . . . . Fr.		10 308,31
Fr.		693 161,72
Avoir de la Société.		739 770,07
Fr.		1 432 931,79

Nous avons aussi entièrement fait face, comme nous l'avons dit ci-dessus, aux dépenses de l'Exposition, des réceptions et conférences-visites qui, déduction faite des recettes et de la somme de 10 000 *f* provenant de la souscription du Cinquantenaire, s'élèvent à ce jour à 9 600 *f* environ;

Soit au total environ 12 600 *f*.

L'augmentation d'Actif provenant des Comptes *extraordinaires* est donc de 81 900 — 12 600 = 68 300 *f*.

Budget ordinaire.

Or, notre excédent étant, comme nous l'avons dit plus haut, de 90 603,19 *f*, la différence, 21 300 *f*, représente le *bénéfice normal* réalisé au cours de l'exercice.

Comme nous vous le disions l'année dernière à pareille époque, nous devons, avant toutes choses, affecter cet excédent à rembourser et à amortir nos emprunts et comptes spéciaux. Nous avons le ferme espoir de pouvoir le faire d'ici à 1902, date à laquelle commencera l'amortissement de notre Emprunt principal de 600 000 *f*.

Ainsi, Messieurs, le siècle finit bien pour nous.

M. le Président demande si quelqu'un a des observations à présenter ou des demandes à faire au sujet des comptes qui viennent d'être présentés.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des comptes.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprète des sentiments de la Société en remerciant notre Trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat, pour les excellents résultats de l'exercice qu'il vient d'exposer.

Par suite, en effet, de l'Exposition, des réceptions, des conférences-visites, etc., le service financier a été, cette année, particulièrement laborieux.

Notre Trésorier a apporté, dans l'accomplissement de sa tâche, un soin et un dévouement qui ne se sont pas ralentis un instant, et M. le Président propose à la Société de voter de chaleureux remerciements à notre Collègue, M. L. de Chasseloup-Laubat. *(Applaudissements prolongés.)*

Il est ensuite procédé aux élections des Membres du Bureau et du Comité pour l'Exercice 1901.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. Baudry, Ch.

Vice-Présidents :

MM. Mesureur, J.
Salomon, L.
Couriot, H.
Bodin, P.

Secrétaires :

MM. Soreau, R.
Courtois, G.
Delmas, Marcel.
Périssé, L.

Trésorier : M. de Chasseloup-Laubat, L.

COMITÉ

MM. Joubert, L.
Arbel, P.
Langlois, L.
Mallet, A.
Bougenaux, E.
Jannettaz, P.
Petit, G.
Richou, G.
Lavezzari, A.
Baignères, G.
Chevalier, H.
Coiseau, L.

MM. Fouché, Ed.
Casalonga, D.-A.
Reynaud, G.
Regnard, P.
Gallois, Ch.
Pettit, M.
Bert, E.
Cornuault, E.
Gassaud, P.
Pontzen, E.
Planche, J.
Ferré, A.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
L. Périssé.

POSE DE LA VOIE

COMPARAISON DES DIVERS MODES DE TRAVAIL

UTILISÉS A CE JOUR

PAR

M. H. SEYMAT

Depuis quelques années, on a modifié l'établissement de la voie courante, en travaux neufs de chemin de fer, par l'emploi de machines poseuses, ces poseuses permettant le montage de la voie, au dépôt du matériel, par travées de longueur égale à celle des rails et leur mise en place, au chantier d'avancement, par le simple éclissage des travées successivement amenées à leur emplacement définitif.

Les anciens procédés de pose, au contraire, consistaient dans l'établissement, au chantier d'avancement, de la voie, par l'assemblage sur ce chantier des éléments constitutifs de cette voie.

Les deux méthodes présentent des avantages et des inconvénients qu'il est utile de connaître, et c'est le but de cette note de les étudier.

Opérations principales de la pose de voie.

Toute pose de voie comprend les opérations complexes suivantes :

1° Montage de la voie par travées, soit au dépôt, soit à l'avancement ;

2° Chargement du matériel sur wagons, au dépôt ;

3° Transport du matériel du dépôt au lieu d'emploi ;

4° Amenée du matériel exactement à pied d'œuvre, au fur et à mesure de l'avancement de la pose ;

5° Relevages de voie pour mise à hauteur voulue et définitive de la voie établie ;

6° Entretien de la voie pendant une certaine période.

Chacune de ces opérations principales se subdivise en opérations élémentaires, communes aux deux procédés, mais exécutées dans un ordre différent.

Montage de la voie. — Il comprend (qu'il soit fait à l'avancement ou au dépôt) :

Coltinage des rails ;
Coltinage des traverses ;
Coltinage du petit matériel ;
Tirefonnage, voie à traverses en bois ;
Mise en place et boulonnage des crapauds, voie à traverses métalliques ;
Éclissage ;
Travelage ou repérage des joints et emplacement des traverses ;
Mise à l'équerre des traverses ;
Bourrage et dressage définitif ou provisoire ;
Travaux accessoires, mise en place de selles, tirefonds, goujons, clous spéciaux ;
Montage des coussinets } voie à double champignon.
Mise en place des coins }

Dans l'évaluation des prix de revient, il faut tenir compte des frais suivants :

Direction des chantiers ;
Outillage ;
Ravitaillement et campement des ouvriers ;
Sujétions diverses.

Les prix d'application doivent en outre être grevés des frais généraux et bénéfices de l'entreprise.

Chargement du matériel. — Il comprend :

Le chargement des rails ;
— des traverses ;
— du petit matériel ;
Et les frais ci-dessus.

Le chargement se fait, soit au moyen d'appareils de levage, soit sans ces appareils.

Transport du matériel. — Il peut se faire, par chevaux ou mulets aux faibles distances, par trains aux grandes distances.

D'où trois cas à examiner réellement :

Transport par wagons sur voie ferrée : traction, chevaux et mulets;
— — traction, machines ;
— par chariots sur route : traction animale.

Le dernier cas n'est utilisé que fort rarement pour les tramways sur route et quelques petites lignes établies en accotement sur les routes. Il n'y a pas lieu de l'examiner dans cette étude.

Amenée du matériel à l'avancement. — C'est dans l'amenée du matériel exactement à pied d'œuvre, au fur et à mesure de la pose de la voie, que les divers modes de pose se différencient surtout.

Les procédés que l'on peut employer sont principalement :

(A) Poussée du train chargé par machine en queue, au fur et à mesure du montage de la voie fait à la main, les ouvriers prenant sur les wagons le matériel nécessaire, celui-ci chargé au dépôt d'une manière convenable ;

(B) Poussée du train chargé par des hommes ou tirage par des animaux comme ci-dessus, la machine étant employée à d'autres travaux ;

(C) Déchargement du train de matériel, reprise du matériel sur wagonnets de pose pour son amenée à l'avancement :

(a) Par une seule rame de wagonnets ;
(b) Par deux rames de wagonnets ;
(c) Par trois rames de wagonnets ;

(D) Poussée du train chargé par machine en queue, le montage de la voie effectué au dépôt et les travées étant mises en place au moyen d'une poseuse à deux treuils, *l'un* pour amener le chargement des wagons sur la poseuse, placée en tête du train, *l'autre* pour mettre à sa place, sur la plate-forme, successivement chaque travée.

C'est le mode de travail adopté pour la ligne de Sfax-Gafsa (Tunisie) ;

(E) Tirage du train chargé par une poseuse à vapeur placée en tête du train, cette poseuse comportant les treuils ci-dessus et une locomotive tirant le train.

C'est le mode de travail adopté sur la ligne de Eskichehir-Konia (Asie-Mineure).

Relevages de la voie. — On peut distinguer trois opérations :

Levage de la voie à hauteur voulue ;

Bourrage des traverses ;

Dressage de la voie.

Entretien de la voie. — L'entretien de la voie consiste à la maintenir en bon état, à hauteur, dressée et bourrée.

Le travail ne peut aisément s'estimer qu'en fonction du nombre d'ouvriers nécessaire par *kilomètre* de ligne.

L'emploi des machines poseuses amène sur les prix de revient une légère modification (augmentation ou diminution) sur toutes les opérations.

Mais ces modifications n'apparaissent nettement que sur les opérations :

Montage de la voie, par facilité du travail ;

Chargements, par emploi à peu près indispensable d'appareils de levage ;

Amenée du matériel à l'avancement.

Longueur normale de pose journalière.

On peut entendre par longueur normale de pose journalière la longueur de voie qu'un chantier peut poser en dix heures de travail effectif à l'avancement.

Par la mise en place des travées montées d'avance, le travail de pose est limité par la nécessité d'effectuer l'éclissage des travées. Cet éclissage consiste à la mise en place des éclisses et leur assemblage aux rails par deux boulons, les autres boulons pouvant être mis ultérieurement.

Par les procédés ordinaires, montage de la voie à l'avancement, on reconnaît aisément que toutes les opérations de ce montage sont indépendantes les unes des autres, mais qu'aucune ne peut être faite si les rails ne sont pas eux-mêmes en place. C'est donc le coltinage des rails à l'avancement qui limite le travail.

Soit T le temps nécessaire pour charger, transporter et mettre en place un rail.

T est de la forme : $T = \frac{2d}{v} + t.$

t temps perdu en minutes,

d distance de coltinage,

v vitesse en mètres par minute.

Le nombre N de rails pouvant être *allongés* en 10 heures sera :

$$N = \frac{10^h \times 60'}{T} = \frac{600}{T}$$

et la longueur normale de pose sera donc :

$$L = \frac{Nl}{2} = \frac{600l}{2T} \quad (l \text{ longueur du rail}).$$

Cette relation générale s'applique aux procédés ordinaires de pose A, B, C.

D'un assez grand nombre d'observations faites sur les chantiers, j'ai cru pouvoir exprimer une relation entre la vitesse des coltineurs et le poids qu'ils coltinent individuellement.

Pour le coltinage des rails on peut estimer :

$$v = \frac{8000}{70 + 2\pi}$$

π poids porté par chaque coltineur.

Le poids π sert à déterminer le nombre de coltineurs par rail.

On aurait : $$n = \frac{pl}{\pi}$$

(p poids du rail par mètre linéaire).

On en déduit: $$L = \frac{600l}{2\left(\dfrac{2d}{\dfrac{8000}{70 + 2\pi}}\right) + t}$$

On voit, et cela est évident par avance, que la production journalière d'un chantier est d'autant plus grande que le rail est plus long et le poids porté par chaque coltineur est plus petit.

Pratiquement n est presque toujours pair et π varie de 27 à 38 *kg*.

Avec $\pi < 27$ *kg*, le résultat économique est peu satisfaisant.

Avec $\pi > 38$ *kg*, il faut avoir des ouvriers particulièrement robustes et exercés si on veut conserver à v une valeur convenable.

L'expression $L = \frac{600\,l}{2\,T}$ correspond à UNE ÉQUIPE.

Dans l'expression $T = \frac{2d}{v} + t$, t est sensiblement constant, d varie suivant les modes de travail A, B, C_a, C_b, C_c.

Considérons une voie en rails de **11** *m* pesant 38 *kg* :

La relation $n = \frac{pl}{\pi}$ est satisfaite et convenable en pratique pour $n = 10 = \frac{38 \times 11}{41,8\ kg}$

Le mode A oblige à un coltinage moyen $d = 50\,m$ en moyenne.

B	—	$d = 50\,m$	—
C_a	—	$d = 50\,m$	—
C_b	—	$d = 25\,m$	—
C_c	—	$d = 25\,m$	—

Les relations ci-contre appliquées avec $t = 2'$ donnent :

L =	847 *m* pour 1 équipe		modes A, B, C_a
	1694	2 équipes	
	3388	4 équipes	
et : L =	1111 *m* pour 1 équipe		modes C_b, C_c
	2222	2 équipes	
	4444	4 équipes	

Ces résultats sont des moyennes. Certains chantiers ont obtenu des productions de 5 kilom. par jour, soit en forçant la durée de la journée, soit en activant l'allure des ouvriers par un gain plus élevé que d'ordinaire, soit enfin en réduisant *d* à la longueur de 2 rails au moins (le minimum pouvant être $d = 1$ rail 1/2). Avec les *poseuses* de tout système, c'est la durée de l'éclissage qui règle la production journalière.

L'éclissage comporte deux opérations, la présentation des paires d'éclisses et le serrage des boulons.

La présentation d'une paire d'éclisses a une durée ordinaire de :

$1'$ à $1'\,1/4 + \frac{p'''}{5 + p'''}$ (p''' poids de la paire).

Le temps nécessaire au serrage d'un boulon étant t''' on aura pour 2 boulons $2t'''$

D'où : $$T''' = 1' \text{ à } 1'\,1/4 + \frac{p'''}{5 + p'''} + 2t'''$$

pour l'éclissage d'une travée en admettant que les deux joints soient éclissés simultanément par deux groupes d'ouvriers.

Pour les rails ci-dessus, le système de voie comporte des éclisses à 4 trous du poids de 9 *kg*; en moyenne $t''' = 1'$ on a donc :

$$T''' = 3'64 \text{ à } 3'90$$

Cette durée suppose un seul homme présentant les éclisses et serrant les boulons.

Le nombre de travées qu'il sera possible de mettre en place par journée de 10 heures est :

$$N_{'''} = \frac{600}{3'64} \text{ à } \frac{600}{3'90} \text{ soit } 166 \text{ à } 154$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{d'une manière générale} & N' = \dfrac{600}{T'''} \\ \text{et} & L' = \dfrac{600 l}{T'''} \end{array} \right\}$$

Avec des rails de 11 *m*, cela donne une production :

$$L''' = 166 \times 11 \text{ ou } 154 \times 11 = 1694\ m \text{ à } 1826\ m$$

Sans entrer dans des détails d'organisation de chantiers, tous les praticiens de ce travail savent que la *marche* à deux équipes de coltineurs est très facile sur les chantiers.

D'autre part, si on abaisse d'un côté le temps d'éclissage, on peut également abaisser la distance de transport et abaisser en même temps le poids π, sans changer le prix de revient, et augmenter concurremment la production.

Il résulte de ces considérations qu'à liberté égale de production laissée à un entrepreneur, et même, à conditions égales de bonne exécution, les *poseuses* ne présentent aucun avantage au point de vue de la rapidité d'exécution.

Comparaison des prix de revient.

Entretien de la voie. — Pour une Société de construction qui a l'obligation de livrer une voie en bon état à l'exploitation, l'entretien de cette voie doit être, au minimum, assuré par elle, pendant la durée des travaux de pose de voie.

Si η est le nombre de journées de travail, k le nombre d'hommes nécessaire par kilomètre pour assurer le maintien en bon état de la voie posée, et L la longueur moyenne posée par jour, la longueur de la ligne sera ηL et le nombre des journées d'ouvriers sera au total :

$$\eta \frac{L}{1000} + \sum_{1}^{\eta}$$

en admettant qu'on mette successivement en service le personnel d'entretien

Le 1er jour il faudra		$\frac{L}{1000}$ ouvriers travaillant		$\frac{\mathcal{L}}{L}$ jours ou η
Le 2^{e}	—	$\frac{2L}{1000}$	—	$\left(\frac{\mathcal{L}}{L} - 1\right)$ jours ou $\eta - 1$
Le 3^{e}	—	$\frac{3L}{1000}$	—	$\left(\frac{\mathcal{L}}{L} - 2\right)$ jours ou $\eta - 2$
Le n^{e}	—	$\frac{nL}{1000}$	—	1 jour 1

On aura donc comme prix de l'entretien, j étant la valeur de la journée :

$$P\,(m.\ l.) = \frac{kL}{1000}\left(\frac{\eta + 1}{2}\right)\eta j \text{ ou } \frac{k}{1000} \times L \times \frac{\mathcal{L}}{L} \times \frac{1}{2}\left(\frac{\mathcal{L}}{L} + 1\right) j$$

$$= \frac{k}{1000}\left(\frac{\mathcal{L} + L}{2L}\right) j \text{ ou approximativement :}$$

$$P\,(m.\,l.) = \left(\frac{k}{1000}\,\frac{\mathcal{L}}{2L}\right) j$$

Si les *poseuses* n'amènent pas une rapidité de travail plus grande que les *procédés ordinaires*, elles n'amènent non plus aucune moins-value sur la valeur de l'entretien de la voie, pendant la durée des travaux.

Relevages de voie. — Il n'y a à envisager d'ordinaire que ceux effectués pour la mise au profil exact de la voie, lorsque la voie est posée sur première couche de ballast.

Les relevages de voie posée sur terre (avant la mise de la première couche de ballast) sont l'objet d'opérations identiques, plus importantes, et, par suite, de prix de revient plus élevé.

Les trois opérations essentielles ne dépendent, en général, toutes choses égales d'ailleurs, que du *poids* de la voie, de la hauteur moyenne de levage et du nombre de traverses, le bourrage devenant d'autant plus coûteux que le nombre de traverses à bourrer est plus grand.

Le mode de pose à l'avancement n'influe donc pas sur cette opération, qui est simplement assujettie pour un travail bien réglé, à être fait en arrière du chantier de pose proprement dit, sur une longueur journalière égale à la longueur de pose effectuée chaque jour.

Chargements du matériel sur vagons.

L'emploi des *poseuses* permet les chargements d'unités très lourdes. Une travée en rails de 11 *m* de 38 *kg* le mètre linéaire, pèse près 2 000 *kg*.

On peut donc employer avec avantage des appareils de levage pour le chargement du matériel et obtenir sur ce travail une légère diminution de frais.

C'est un *avantage* indirect, mais réel des poseuses. Cette moins-value sur la valeur du chargement des wagons se traduit *au maximum* par 0,10 *f* par tonne.

Le poids par mètre linéaire des voies est fort variable. Pour les voies étroites de 1 *m* d'écartement, ce poids varie de 90 à 110 *kg*, d'où :

Voies étroites. — Économie du chargement mécanique résultant de l'emploi des poseuses, 0,009 *f* à 0,010 *f* par mètre linéaire.

Pour les voies larges, 1,50 *m* d'écartement, le poids de ces voies par mètre linéaire varie de 150 à 240 *kg*.

L'économie serait plus sensible et on aurait :

Voies larges. — Économie du chargement mécanique résultant de l'emploi des poseuses, 0,015 *f* à 0,024 *f* par mètre linéaire.

Cette moins-value, toutefois, n'est exacte que lorsque la longueur de voie à poser est assez grande pour permettre un amortissement facile des appareils de levage, et le chargement d'un gros tonnage.

Dans les chargements du matériel de voie, par travées complètes, il faut prévoir ce fait, que les travées doivent être, ou prises par un treuil circulant sur un pont roulant pour être, à l'avancement, mises en place, ou que le chargement successif de tout un vagon doit être amené sur le vagon portant la poseuse.

Dans les deux cas, on ne peut dépasser une certaine hauteur pour le pont roulant, ou pour la plate-forme où sont installés les treuils de la poseuse.

La hauteur et le poids du chargement sont donc limités par wagon.

Avec des voies métalliques, la hauteur minima des travées est 0,25 *m*.

Par suite de la longueur des travées, il faut généralement ré-

partir les travées sur deux wagons, à moins d'avoir des *wagons spéciaux* coûteux, et d'amortissement onéreux, car ces wagons sont d'un emploi peu courant en exploitation.

Or, pour utiliser le matériel roulant, à sa capacité ordinaire, **10** *t* par exemple, il faut pouvoir charger 20 *t* de matériel sur les deux vagons.

Une voie en rails de 11 *m* pesant 38 *kg*, correspond avec des traverses métalliques à 170 *kg* par mètre linéaire et à au moins 0,25 *m* de hauteur, et avec des traverses en bois à 185 *kg* par mètre linéaire et à 0,28 *m* de hauteur. Pour les 20 *t*, cela correspond respectivement aux chiffres suivants :

Voie métallique 10 travées, hauteur totale 2,50 *m*.

Voie ordinaire 9-10 travées, hauteur totale 2,50 *m* à 2,80 *m*.

La plate-forme des wagons étant au moins à 1 *m* du rail, la hauteur du chargement, qui est rectangulaire, atteint 3,50 *m* au moins au-dessus du rail.

Il s'ensuit que la *poseuse* doit atteindre une hauteur assez grande et que si la ligne présente des souterrains ou des ponts par-dessus, l'emploi des poseuses est, sinon interdit, du moins difficile et dans ce dernier cas, pour rester dans les conditions ordinaires de gabarit des ouvrages d'art, il faut renoncer à l'utilisation complète du matériel roulant.

Et si on arrive à ne charger les vagons qu'à 9 *t* au lieu de 10 *t*, que le chargement du matériel, par ses éléments, permet toujours, on arrive à une majoration de frais de transport, majoration très faible, mais néanmoins sensible pour de longs parcours.

Transports par trains du matériel de voie.

Pour les voies très lourdes, l'utilisation du matériel roulant est plus facile qu'avec des voies légères, car celles-ci conservent le même volume pour un poids quelquefois moitié moindre.

Pour les voies lourdes, d'ailleurs, la suppression d'une travée par deux wagons entraînant une diminution de poids de près de 2 *t*, soit 1 *t* par wagon, on ne peut trop compter que sur un chargement de 9 *t* par wagon.

Par exemple, pour une voie de 170 *kg* le mètre linéaire, si on veut transporter 1 700 *ml*, soit 289 *t*, il faut 29 vagons à 10 *t* et 32 vagons à 9 *t*. Dans ce dernier cas, il faut faire la dépense de location ou d'amortissement journalier de trois wagons et remor-

quer 15 *t* au moins de poids mort. ce qui augmente en fait la valeur du transport d'au moins 3 0/0.

Pour une distance moyenne de transport de 100 *km* (correspondant à 200 *km* de voie à poser) et comptant le prix de revient du transport à 0,25 *f* la tonne kilométrique, l'augmentation de frais sera 0,075 *f* par tonne de matériel transporté.

L'économie sur les chargements pour une même importance de travail n'étant que 0,10 *f* la tonne :

On peut en conclure que l'emploi des poseuses ne modifie pas non plus les dépenses en ce qui concerne l'ensemble des chargements sur wagons et du transport du matériel.

Il nous reste à examiner le montage de la voie et l'amenée du matériel à l'avancement.

Montage de la voie. — Un certain nombre des opérations élémentaires qui ont été énumérées ne subissent aucune moins-value ou plus-value du fait de l'emploi d'un quelconque des modes de pose.

Les opérations sur lesquelles peuvent surgir des différences de prix de revient sont :

Le coltinage des rails, traverses, petit matériel ;
L'éclissage ;
Le travelage et mise à l'équerre des traverses ;
Le bourrage ;
Le tirefonnage ou la mise en place des crapauds et boulons.

Le coltinage des rails, traverses, petit matériel peut s'évaluer à un prix par tonne :

$$P_t = K\frac{T}{\pi}j$$

K coefficient variable. K = 1,34 pour les rails et le petit matériel ;
— K = 1,90 pour les traverses.

Toutes autres choses égales.

P_t varie avec T, c'est-à-dire avec $\left(2\frac{d}{v} + t\right)$ ou, si on préfère. avec d (distance de coltinage).

En général, on aura une économie des modes D et E (emploi de poseuse) sur les modes A, B, C_a.

Mais il n'y a pas économie sur les modes C_b, C_c, car la distance moyenne de coltinage sera au dépôt toujours à peu près égale à au moins **25 *m***, à moins de multiplier les voies de chargement et alors grever les frais d'installation des dépôts de matériel et diminution de la moins-value cherchée.

L'éclissage est plus onéreux, mais il sera compris dans le travail fait à l'avancement par les *poseuses*.

Le travelage peut être considéré comme supprimé, car il peut être fait une fois pour toutes.

La mise à l'équerre des traverses est évidemment aussi très réduite.

Si le tirefonnage lui-même n'est pas modifié, la mise en place des boulons d'attache et crapauds est beaucoup facilitée, car l'ouvrier n'a plus à soulever la traverse pour glisser le boulon d'attache.

Le bourrage paraît plus onéreux, car les *poseuses* sont plus lourdes que les wagons et il faut bourrer plus énergiquement les traverses.

On peut, en somme, s'en tenir aux estimations ci-dessous :

	MODE A	MODE B	MODE Ca	MODE Cb	MODE Cc	MODE D	MODE E
	f	f	f	f	f	f	f
Coltinage	0,1321	0,1321	0,1241	0,0986	0,0986	0,0986	0,0986
Tirefonnage, travelage, mise à l'équerre	0,0865	0,0865	0,0865	0,0865	0,0865	0,0600	0,0600
Éclissage, bourrage et dressage provisoires	0,0595	0,0595	0,0348	0,0348	0,0348	»	»
Frais divers : direction, aménagements pour ouvriers, outillage, sujétions, etc.	0,0569	0,0569	0,0526	0,0501	0,0501	0,0354	0,0354
TOTAUX.	0,3350	0,3350	0,2980	0,2700	0,2700	0,1940	0,1940

Les frais de direction du chantier, aménagements pour les ouvriers, etc., étant réduits aussi dans de notables proportions au dépôt par l'emploi des poseuses.

Amenée du matériel à l'avancement même.

Mode A. — La machine restant à l'avancement, si sa journée est X francs tout compris, le prix par mètre linéaire est :

$$P(m.l.) = \frac{X}{L}$$

X doit comprendre location de la locomotive et des wagons, frais de personnel, consommations, réparations, etc.

Mode B. — La dépense totale se compose :

1° De la location, réparations, etc., des wagons laissés à l'avancement ;

2° De la location, réparation de la machine pendant son stationnement à l'avancement pour décrocher le train et le temps passé pour revenir le chercher et l'accrocher ;

3° De la main-d'œuvre (ouvriers ou bêtes de trait) pour l'avancement des wagons.

Le prix est donc :

$$P(m.l.) = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{L}$$

Mode C_a. — Il faut comprendre dans le prix de revient :

1° Stationnement du train complet, wagons et machines ;

2° Main-d'œuvre pour le déchargement ;

3° Main-d'œuvre pour rechargement, transport sur wagonnets et nouveau déchargement s'il y a lieu ;

4° Amortissement ou location et réparation des wagonnets.

$$P(m.l.) = \frac{X'_1 + X'_2 + X'_3 + X'_4}{L}.$$

Ce mode de travail est, en général, désavantageux et ne permet pas aisément de grandes productions journalières.

Mode C_b. — Le prix de revient comprend :

1° Stationnement du train ;

2° Main-d'œuvre de déchargement ;

3° Main-d'œuvre de rechargement et transport sur wagonnets et déraillement, puis remise sur rails des wagonnets vides.

En général, on laisse le wagonnet ou les wagonnets chargés et on les pousse au fur et à mesure de la pose d'une longueur.

On règle le transport de façon à avoir toujours une rame de wagonnets chargée à l'avancement même ;

4° Amortissement des wagonnets.

D'où : $$P(m.l.) = \frac{X''_1 + X''_2 + X''_3 + X''_4}{L}.$$

On peut faire effectuer la remorque des wagonnets par des chevaux ou des hommes, selon la production cherchée.

Mode C_c. — Les opérations sont les mêmes et le prix de revient de même forme.

On emploie trois rames de wagonnets qu'on gare à l'avancement et au point où le train a été déchargé.

La remorque est toujours faite par des chevaux ou mulets.

Ce mode convient particulièrement pour les très fortes productions.

Les modes C_a, C_b, C_c permettent l'utilisation du matériel roulant à d'autres travaux, si possible.

Mode D. — Le prix du travail à l'avancement, qui comprend l'amenée du matériel à son emplacement définitif et travaux accessoires non exécutés au dépôt, se compose des éléments suivants :

1° Valeur $\frac{X}{L}$ du mode A ;

2° Amortissement du wagon poseur et du personnel spécial à ses manœuvres ;

3° Éclissage, bourrage, direction du chantier, frais divers, outillage, etc.

Mode E. — Les frais sont analogues à ceux ci-dessus, mais répartis ainsi :

1° Frais de stationnement de la machine comme au mode B { 1° 2°

2° Amortissement de la machine poseuse comme en D, mais prix plus élevé ;

3° Éclissage, bourrage, etc.

Les prix entrant dans l'amenée du matériel d'avancement sont évidemment très variables. Il faut les rapporter aux mêmes prix unitaires, soit de journées du personnel, de location ou amortissement, de fournitures, charbon, eau, etc.

Valeurs diverses de l'amenée du matériel à l'avancement.

Mode A. — Personnel. — En tenant compte des jours de lavage, l'heure du personnel d'un train de matériel peut être évaluée à. . . . . 3 *f* l'heure,

Consommations. — Le profil de la ligne influe relativement sur la poussée à l'avancement par la machine. On peut prendre . . . . . . 1,70 *f* —

Entretien et location. — Pour des marches de 16 à 1 700 *m. l.* par jour dont le matériel est transporté en un ou deux trains, on a environ 8,50 *f* —

Au total. . . . . . . 13,20 *f* l'heure.

ce qui donnerait, par mètre linéaire, environ :

P(*m. l.*) = 0,078 *f*.

Mode B. — Il faut remarquer que le prix de revient dépend ici beaucoup du profil de la ligne et que ce mode devient impraticable dans les fortes rampes.

Sur une ligne à rampe moyenne de 5 *mm*, on a sensiblement :

Poussée par hommes. . . le m. l.	0,046 *f*	
Stationnement du train	0,045	
Service de la machine isolée pour venir chercher le train vide	0,022	
		0,113 *f* par m. l.
Avec l'emploi de chevaux, on aurait . . .		0,090 *f* par m. l.

Mode C_{a}. — Le mode est aussi coûteux dans les fortes rampes. Les résultats suivants sont donnés pour une ligne à déclivités moyennes. On a :

Déchargement du train. . .	0,012 *f*		
Chargement des wagonnets.	0,038		
Déchargement des trucks ou wagonnets	0,020		
Poussée des wagonnets. . .	0,025		
		0,095 *f* le m. l.	
Il faut y ajouter : Stationnement du train et amortissement des wagonnets.		0,010	
			0,105 *f* le m. l.

Nous avons dit ce mode de travail peu compatible avec des productions journalières très grandes.

Mode C_b. — On a ici :

Déchargement du train	0,012 *f*	
Chargement des wagonnets	0,038	
Garage des wagonnets ou déraillement et remise sur rails.	0,020	
Poussée des wagonnets	0,025	
Stationnement du train, etc.	0,014	
		0,109 *f* le m. l.

Mode C_c. — On a :

Déchargement du train	0,012 *f*	
Chargement des wagonnets	0,038	
Garage des wagonnets ou déraillement à deux reprises et remise sur rails	0,045	
Poussée des wagonnets (hommes). .	0,025	
Stationnement du train, etc.	0,018	
		0,138 *f* le m. l.
Avec des chevaux on aurait		0,118 *f* le m. l.

Mode D. — Poseuse par wagon poseur.

Il faut compter :

Poussée comme au mode A	0,078 *f*	
Amortissement et entretien du wagon poseur.	0,010	
Manœuvre du wagon poseur (treuil, etc.).	0,015	
Travail à l'avancement (mise en place exacte, éclissage, bourrage, dressage provisoire, direction du chantier, frais divers, etc.)	0,055	
		0,158 *f* le m. l.

Mode E. — Poseuse à vapeur.

On a ici :

Stationnement du train	0,045	
Manœuvre de la poseuse, avec tirage du train, compris main-d'œuvre, consommations, etc.	0,040	
Amortissement de la poseuse . . .	0,020	
Travail à l'avancement comme il est dit ci-dessus	0,061	
		0,166 *f* le m. l.

Mode A. —	Prix ($m.$ $l.$).	Amenée du matériel à l'avancement	. .	0,078 f
— B. —	—	—	. .	0,090 à 0,113
— C_a. —	—	—	. .	0,105
— C_b. —	—	—	. .	0,109
— C_c. —	—	—	. .	0,118 à 0,138
— D. —	—	—	. .	0,158
— E. —	—	—	. .	0,166

En rapprochant ces résultats de ceux du tableau précédent, on a, pour l'ensemble des deux opérations principales de la pose de voie susceptibles de faire varier d'une manière sensible les frais de pose de voie.

Mode A. —	Prix ($m.$ $l.$).	Montage et amenée du matériel	. . .	0,413 f
— B. —	—	—	. . .	0,425 à 0,468
— C_a. —	—	—	. . .	0;403
— C_b. —	—	—	. . .	0,379
— C_c. —	—	—	. . .	0,388 à 0,408
— D. —	—	—	. . .	0,352
— E. —	—	—	. . .	0,360

Conclusions.

Les résultats ci-dessus indiquent un avantage économique des poseuses, mais les bases qui ont permis cette étude dont les résultats s'appliquent à une voie métallique lourde (165 à 170 *kg* le mètre linéaire) dérivent de résultats obtenus sur une voie étroite (Sfax-Gafsa mode D) ou une voie large peu lourde (Eskichehir-Konia, rails de 30 *kg*), résultats modifiés pour les amener à leur application à la voie lourde, de laquelle un très grand nombre d'applications des modes A, B, C ont été faites et dont la moyenne déterminée est plus exacte.

Dans l'état actuel de la question on peut simplement poser ces deux conclusions :

1° Les machines poseuses permettent de réaliser une économie sur les travaux de pose de voie — particulièrement dans les pays où la main-d'œuvre est chère ;

2° Elles ne donnent pas, par elles-mêmes, une pose de voie journalière plus grande que les modes ordinaires actuels, cer-

tains modes de travail permettant une production beaucoup plus grande, et tous les modes de travail permettant une production égale à celle des poseuses à la condition que l'entrepreneur ait la latitude de produire ce qu'il veut. Or, sur le continent européen, les Compagnies de Chemin de fer, étant en général très exigentes, la production journalière était limitée, et cette limite est même fréquemment inscrite dans les marchés. Il faut enfin remarquer que la longueur posée journellement est quelquefois réduite par la capacité de transport des trains, une grande production nécessitant un grand nombre de véhicules, soit qu'on veuille faire le transport du matériel nécessaire, en un train journalier ou en deux trains journaliers.

Par un train journalier on réduit les frais de transport car on évite le retour des machines avec un poids mort trop faible mais on arrive a augmenter considérablement le coltinage dans les modes A et B, ou le transport par wagonnets dans les divers modes C; ou enfin par les modes D et E on a une notable augmentation de dépenses dans l'amenée successive du chargement de chaque wagon, au wagon poseur ou à la machine poseuse.

Choix du mode de pose. — Il est donc superflu de déclarer *a priori* qu'un mode de pose est plus avantageux qu'un autre, dans tous les cas, et il faut se borner à dire :

Les wagons poseurs et machines poseuses sont avantageux :

Pour les longues lignes;

Dans les pays ou la main-d'œuvre est chère;

Ou dans ceux ou la présence d'une grande quantité d'ouvriers aux chantiers présenterait des difficultés de logements, ravitaillements, etc.;

Dans les lignes ne présentant pas de tunnels ou ponts supérieurs.

Elles perdent une partie de leurs avantages dans les autres cas.

Le mode de travail par coltinage et poussée du train par une machine est avantageux :

Pour les lignes à fortes rampes ou présentant de nombreux ouvrages d'art par dessus la voie;

Dans les lignes où des conditions spéciales ne permettraient pas l'utilisation de la machine en dehors de la poussée à l'avancement.

Pour les longues lignes il présente l'inconvénient d'exiger plus de locomotives pour assurer les transports que pour les voies lourdes il faut faire en deux trains (si on veut une grande production journalière).

Le mode de travail par coltinage et poussée ou tirage du train par êtres animés ne doit être employé que dans des cas très rares où l'utilisation de la machine présente des avantages tout particuliers et en dehors des considérations du travail seul, de pose de la voie. Il amène aussi pour les voies lourdes à exécuter les transports par deux trains journaliers;

Le mode de travail par emploi d'une rame de wagonnets est économique pour les faibles productions journalières.

Pour les grandes productions, il présente une grande difficulté de régler la marche du chantier pour arriver à n'avoir pas de temps perdu.

Le mode de travail par emploi de deux rames de wagonnets est économique, permet de grandes productions. Il donne toute latitude de production et de travail dans toutes circonstances. Il peut laisser aux machines leur liberté d'emploi et restreint le nombre de machines et wagons nécessaires.

Le mode de travail par emploi de trois rames de wagonnets peut permettre une production double de tout autre mode. Il présente les mêmes avantages que le mode précédent.

Les trois modes par emploi de wagonnets, présentent l'inconvénient de devenir onéreux dans les parties en fortes rampes.

L'emploi du mode A et des modes C permet dans tous les cas la réalisation économique de la pose d'une voie, sur une ligne quelconque.

Pour terminer cet exposé il faut reconnaître que l'emploi des poseuses de tout système présente des avantages suffisants pour les classer parmi les modes d'exécution de la pose de la voie, que tout Ingénieur doit examiner, mais que pour une ligne donnée, il reste indispensable pour l'Ingénieur, de ne se prononcer qu'après comparaison, pour cette ligne, de tous les modes de travail usités ou susceptibles d'être utilisés.

NOTE ADDITIONNELLE

SUR LES

TRANSPORTS DU MATÉRIEL DE VOIE

D'UNE LIGNE A ÉTABLIR

On se base fréquemment sur les prix de transport des Compagnies de chemins de fer, mais il faut remarquer que les conditions du transport ne sont pas exactement les mêmes.

Il faut admettre que les trains de matériel de voie circulent chargés dans le sens de l'avancement du travail et reviennent à vide au dépôt. C'est le cas ordinaire.

Le temps de service d'un train se compose :

1° D'un temps de route $\mathfrak{T}_m$;
2° D'un temps de manœuvres $\mathfrak{T}_a$;
3° D'un temps de stationnement $\mathfrak{T}_s$.

La valeur de l'heure de chacun de ces temps est donc indispensable à connaître et chacune de ces valeurs comprend :

1° $\mathfrak{J}_p$ pour le personnel ;
2° $\mathfrak{J}_c$ pour les consommations de charbon et eau ;
3° $\mathfrak{J}_h$ — — d'allumage, éclairage, graissage, etc. ;
4° $\mathfrak{J}_e$ pour l'entretien du matériel roulant ;
5° $\mathfrak{J}_l$ pour location ou amortissement de ce matériel.

Les éléments $\mathfrak{J}_p$, $\mathfrak{J}_h$, $\mathfrak{J}_e$, $\mathfrak{J}_l$ sont, en général, assez indépendants du profil de la ligne et peuvent toujours être suffisamment connus pour permettre de ne pas entrer dans leur détail, qu'on peut obtenir par des renseignements puisés dans la pratique (ceux-ci) des chemins de fer déjà établis.

Pour les consommations, elles sont très variables avec les profils en long des lignes construites.

Temps de marche. — Si V_a est la vitesse à l'aller et V_r la vitesse au retour, on a :

$$T_m = \frac{D}{V_a} + \frac{D}{V_r} = D\left(\frac{1}{V_a} + \frac{1}{V_r}\right).$$

En appelant V la vitesse moyenne :

$$V = \frac{2V_a V_r}{V_a + V_r},$$

on a :

$$T_m = \frac{2D}{V}.$$

Temps de stationnement. — Outre le stationnement à l'avancement compté autre part, il faut prévoir en route divers stationnements pour services divers et prises d'eau.

Ordinairement on peut prendre :

$$T_s = 1/5\ T_m = \frac{2D}{5V}.$$

Temps de manœuvre. — Il est de coutume assez générale de compter ce temps à 1 heure par jour et par machine (manœuvres au dépôt).

Si L_0 est la longueur de la ligne, L la longueur de voie chargée sur chaque train, le nombre de trains sera, jusqu'au premier relai, $\frac{L_0}{L}$.

Si $\mathcal{L}$ est la longueur d'un relai de machine, les heures de manœuvre seront à compter :

$$1 \text{ heure pour } \frac{L_0}{L} \text{ train ;}$$

$$+\ 1 \text{ heure pour } \frac{L_0 - \lambda}{L} \text{ train ;}$$

$$+\ 1 \text{ heure pour } \frac{L_0 - 2\lambda}{L} \text{ train, etc. ;}$$

. . . .

$$1 \text{ heure pour } \frac{L_0 - (p-1)\lambda}{L},$$

d'où la somme (H man.) $= p\,\frac{L_0}{L} - \frac{\lambda}{L} \sum_1^{p-1}$ des $(p-1)$ premiers nombres entiers.

Par train sorti du dépôt $\left(\text{dont le nombre est } \frac{L_0}{L}\right)$, on aura donc :

$$\frac{(\text{H man.})}{P} = \frac{L_0 + \lambda}{2\lambda}, \qquad \text{car} \quad p = \frac{L_0}{\lambda}.$$

Formule de transport. — Prix à la tonne.

On aura, si $\mathfrak{P}_u$ est le poids utile remorqué :

$$\mathfrak{P}_t = \frac{1}{\mathfrak{P}_u} \left\{ (\mathfrak{J}_p + \mathfrak{J}_c + \mathfrak{J}_h)\left(2\,\frac{D}{V} + \frac{2D}{5V} + \frac{L_c + \lambda}{2\lambda}\right) \right.$$

$$\left. + \left(2\,\frac{D}{V} + \frac{2D}{5V} + \frac{L_0 + \lambda}{2\lambda}\right)\mathfrak{J}_t + 2\,\frac{D}{V}\,\mathfrak{J}'_c + \frac{2D}{5V}\,\mathfrak{J}''_c + \frac{L_0 + \lambda}{2\lambda}\,\mathfrak{J}'''_c \right\}.$$

$\mathfrak{J}'_c$ consommations (charbon et eau) en marche;
$\mathfrak{J}''_c$ — — en stationnement;
$\mathfrak{J}'''_c$ — — en manœuvres.

Si π est le poids du mètre linéaire de voie, on aura :

$$\mathfrak{P}\,(m.\,l.) = \frac{\pi}{1\,000}\,\mathfrak{P}_t.$$

La formule générale se présente donc sous la forme ordinaire :

$$m + nD.$$

Pour une ligne donnée, nous avons dit que seuls $\mathfrak{J}_c$ dépendaient du profil de cette ligne.

Des consommations (charbon et eau).

Sur les lignes faciles, c'est-à-dire de déclivités régulièrement distribuées et peu accentuées, on peut rapporter ces consommations au nombre de kilomètres parcourus en se procurant des renseignements sur les consommations de lignes analogues déjà en construction ou mieux en exploitation.

Le parcours à charge est :

0, le 1er jour		
L, le 2e —		
2L, le 3e —		soit $L\,\dfrac{(n-1)n}{2}$,
. . . .		
$(n-1)$ L, le ne —		

et le parcours à vide est :

L, le 1er jour		
2L, le 2e —		soit $L\,\dfrac{(n+1)n}{2}$.
. . . .		
nL, le ne —		

Comme $n = \frac{L_0}{L}$ on a, avec les vitesses V_a et V_r, moyenne à l'aller et au retour :

Temps marche (aller) $= \frac{L_0}{2L}(L_0 - L) \times \frac{1}{V_a}$ et parcours $\frac{L_0}{2L}(L_0 - L)$,

et :

Temps marche (retour) $= \frac{L_0}{2L}(L_0 + L) \times \frac{1}{V_r}$ et parcours $\frac{L_0}{2L}(L_0 + L)$.

Connaissant les consommations ordinaires par kilomètre de charbon et eau, on aura facilement les consommations par train et totales ou par heure.

Ces résultats sont assez approchés pour permettre les prévisions de combustible et d'eau, mais elles laissent encore beaucoup d'indécision sur le prix de revient réel du transport.

Consommations totales.

On peut employer une autre méthode plus longue, mais donnant plus d'exactitude pour les lignes accidentées en se basant sur ce que : pour une machine d'un type donné, on peut connaître actuellement, avec assez d'exactitude, la quantité de charbon et d'eau consommée par cheval et par heure.

Soit K cette consommation, N le nombre de chevaux ; pendant un temps t la consommation sera :

$$q = \frac{KNt}{3600}.$$

Or, si on envisage une section de ligne de longueur L dans laquelle on peut considérer la vitesse comme constante $L = vt$, et si E est l'effort de traction, R la résistance, P le poids total marqué on a :

$$N = \frac{Ev}{75} \quad \text{et} \quad E = PR.$$

d'où :

$$q = \frac{KPRL}{270\,000}$$

K étant pris comme constant, P l'étant dans ces transports et L pouvant toujours être choisi comme une longueur constante, on aura, pour la consommation totale de la ligne :

$$Q = \frac{kPL}{270\,000}\Sigma R.$$

Comme P est sensiblement toujours le même à l'aller P_a et toujours le même au retour P_r il vient en fait :

$$Q_a \text{ aller } = \frac{kP_aL}{270\,000}\Sigma R,$$

$$Q_r \text{ retour } = \frac{kP_rL}{270\,000}\Sigma R,$$

et

$$Q = Q_a + Q_r.$$

Expression de ΣR.

Les parcours à l'aller sont successivement L, 2L ... $(n - 1)$L,
et au retour : L, 2L ... nL.

Chaque section est parcourue :

à l'aller $(n - 1)$, $(n - 2)$ ... 1 fois,
au retour n, $(n - 1)$ ... 1 fois.

On a donc :

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma R_a = (n-1)r_1 + (n-2)r_2 + \dots r_{n-1} \\ \Sigma R_r = nr'_1 + (n-1)r'_2 + \dots 2r'_{n-1} + r'_n \end{array}\right\} \text{ avec } n = \frac{L_0}{L}$$

L_0 étant la longueur totale de la ligne.

Valeurs des résistances r.

Pour les trains de matériel de voie la vitesse étant généralement faible, on peut, pour évaluer les résistances du train (machine comprise), s'en tenir à une expression :

$$r = a + bV + c \pm i,$$

où $a + b$V est la résistance en palier à la vitesse V,

c est la résistance supplémentaire due aux courbes,

i l'influence de la déclivité en kilogramme par millimètre de déclivité.

a est constant et peut être pris = 3 à 3,5 *kg*,
b » » = 0,09 à 0,10 *kg*,

c en pleine courbe est $\frac{750}{\rho}$ à $\frac{1000}{\rho}$, ρ étant le rayon de la courbe.

Dans une section de longueur L où règne sur l une courbe de rayon ρ, on a $C = \frac{750 \text{ à } 1\,000}{\rho} \times \frac{l}{L}$ ou plus généralement :

$$C = \frac{750 \text{ à } 1\,000}{L}\Sigma\frac{l}{\rho}.$$

Sections de résistance négative.

Dans une section, on peut considérer $a + bV + c$ comme une rampe fictive φ et écrire : $r = \varphi \pm i$.

Si $\varphi < -i$ en valeur absolue r est < 0,

ce qui conduirait à admettre une récupération de travail — et *un approvisionnement factice* de la machine.

Pour annuler ces approvisionnements factices, il faut donc considérer $r = 0$ dans toutes les ***sections en pente, suivant la marche du train,*** où $\varphi < i$.

Consommations par heure de train.

Le temps mis pour parcourir une section L à la vitesse V est d'une manière générale $\frac{L}{V}$, et comme V varie d'une section à une autre, on aura (V vitesse à l'heure) :

$$Q_{IIa} = \frac{kP_aL}{270000}\frac{\Sigma R}{\Sigma\frac{L}{V}},$$

V exprimé en mètres, si L est en mètres.
Soit, comme L est constant :

$$Q_{IIa} = \frac{kP_a}{270000}\frac{\Sigma R}{\Sigma\frac{1}{V}}.$$

Les expressions ΣR et $\Sigma\frac{1}{V}$ sont respectivement de la forme :

$$\Sigma R = (n-1)r_1 + (n-2)r_2 + \ldots$$

$$\Sigma\frac{1}{V} = \frac{(n-1)}{V_1} + \frac{(n-2)}{V_2} + \ldots$$

D'où : $$Q_{IIa} = \frac{kP_a}{270000} \times \frac{(n-1)r_1 + (n-2)r_2 + \ldots 1r_{n-1}}{\frac{n-1}{V_1} + \frac{n-2}{V_2} + \ldots \frac{1}{V_{n-1}}}$$

et : $$Q_{IIr} = \frac{kP_a}{270000} \times \frac{nr'_1 + (n-1)r'_2 + (n-2)r'_3 + \ldots r'_n}{\frac{n}{V'_1} + \frac{n-1}{V'_2} + \frac{(n-2)}{V'_3} + \ldots \frac{1}{V'_n}}$$

Les opérations permettant de déterminer Q_{Ha} et Q_{Hr} et d'en déduire ensuite la valeur moyenne de l'heure de train paraissent assez nombreuses.

En pratique on simplifie beaucoup ces opérations en remarquant qu'on ne fait varier la vitesse dans les diverses sections que d'un certain nombre de mètres ou de kilomètres à l'heure et qu'un grand nombre de sections ont la même vitesse.

On simplifie aussi souvent ces relations en prenant une valeur unique pour la valeur de la vitesse à l'aller et une valeur unique pour le retour.

Relations approchées.

Si on prend, dans toutes les sections, une valeur de V égale ou légèrement supérieure à la vitesse moyenne, soit V_m, et pour C également une valeur moyenne C_m on a :

$$a + bV + C = \varphi = \text{constante},$$

et $r = (\varphi \pm i)$ ne dépend plus que des déclivités de la ligne.

Il en résulte que: $\Sigma R = \Sigma x(\varphi \pm i)$,

(x étant le coefficient de passage des trains dans une section) devient très facile à calculer.

On pourrait démontrer aisément que dans ce cas, que l'expression :

$$\Sigma x\varphi = \frac{S_\varphi}{L^2}, \ S_\varphi \text{ étant une surface,}$$

$$\Sigma xi = \frac{S_0}{L^2}, \ S_0 \text{ étant une autre surface.}$$

Celle-ci étant sensiblement celle du profil en long au-dessus de l'horizontale du point de départ de la ligne, mais à laquelle il faudrait ajouter une surface additionnelle pour tenir compte des sections en $\varphi < -i$.

Par le calcul on aurait :

Consommation totale (aller) :

$$Q_a = \frac{kP_aL}{270000} \Sigma R.$$

Nombre d'heures de marche :

$$H_a = \frac{L}{V_m} \Sigma_1^{n-1} = \frac{L_0(L_0 - L)}{2V_mL},$$

d'où consommation par heure de marche (aller) :

$$Q_{Ha} = \frac{2kP_aV_mL^2\Sigma R}{270\,000\,L_o(L_o - L)}.$$

Pour le retour on aurait :

$$Q_{Hr} = \frac{2kP_rV'_mL^2\Sigma R'}{270\,000\,L_o(L_o + L)}.$$

On doit avoir dans la formule de transport :

$$\frac{2D}{V} = \frac{\text{Nombre d'heures de marche (A et R)}}{\text{Nombre de trains}}.$$

Le nombre d'heures de marche est $\frac{L}{V_a}\frac{L_o}{L}\left(\frac{L_o}{L} - 1\right)$ (aller).

— $\frac{L}{V_r}\frac{L_o}{L}\left(\frac{L_o}{L} + 1\right)$ (retour).

et le nombre de trains $\frac{L_o}{L}$.

On en déduit en faisant :

$V = \frac{2V_aV_r}{V_a + V_r}$ } en négligeant les expressions $\frac{L}{V_a}$ et $\frac{L_1}{V_r}$
$D = \frac{L_o}{2}$ } dans le nombre d'heures de marche.

Établissement des relais de machine.

Nous avons dit que pour les grandes productions journalières de pose de voie on était conduit à amener le matériel en plusieurs trains journaliers, afin d'éviter à l'avancement *une amenée de matériel* plus coûteuse (et de beaucoup pour tous les modes de travail) *qu'un transport fractionné.*

Dans les systèmes ordinaires de pose, on peut considérer que chaque train de matériel doit amener seulement le matériel correspondant à ce que peut poser, par jour, un chantier composé d'*une* équipe de coltineurs.

Dans la voie en rails de 38 *kg* de 11 *ml*, on peut ainsi amener 850 à 950 *ml* correspondant à un train de poids utile 170 à 190 *t*.

Le service d'une machine doit être, au maximum, 16 heures par jour et au minimum 10 heures.

AVEC UN TRAIN PAR JOUR. — *(a) 10 heures de service.*

Mode A — D	Avec une heure de manœuvre, il reste 9 heures de marche ; λ étant la longueur des relais, on devra avoir : $\frac{2\lambda}{V} + \frac{2\lambda}{5V} = 9$ heures, d'où $\lambda = \frac{45V}{12}$.
Mode B — C_a — C_b — C_c — E	En comptant 1 heure pour déchargement du train, etc., il reste 8 heures de marche et : $\frac{2\lambda}{V} + \frac{2\lambda}{5V} = 8$ heures, d'où $\lambda = \frac{40V}{12}$.

(b) 16 heures de service.

Mode A — D	Il reste 15 heures de marche et : $\frac{2\lambda}{V} + \frac{2\lambda}{5V} = 15$ heures, d'où $\lambda = \frac{75V}{12}$	Mais il faut une machine spéciale pour pousser le train.
Mode B — C_a — C_b — C_c — E	Il reste 14 heures de marche, d'où : $\lambda = \frac{70V}{12}$.	

Le service de 10 heures d'une machine ne convient pas ordinairement en travaux pour les modes A, D, car la poussée à l'avancement ne peut se faire.

Le service normal des machines en pose de voie *doit être de 16 heures.*

Pour les *modes* A *et* D, en poussant 9 heures à l'avancement, 1 heure de manœuvre, il reste 6 heures de marche et on a :

$$\lambda = \frac{30V}{12},$$

alors que pour les *modes* B, C_a, C_b, C_c, E, on a : $\lambda = \frac{70V}{12}$.

On voit que les modes A et D nécessitent, avec le service de 16 heures, 1 machine par $\frac{30V}{12}$ *km* et ensuite 1 machine par $\frac{75V}{12}$ *km* et que les modes B, C_a, C_b, C_c, E nécessitent une machine par $\frac{70V}{12}$ *km*, et même pour E $\frac{75V}{12}$ kilomètres.

AVEC DEUX TRAINS PAR JOUR. — La longueur des relais est moindre, moitié de la précédente.

Pour terminer cet exposé, je donne ci-dessous les résultats qu'une comparaison des divers modes de pose donne pour :

Ligne de 250 km *posée sur première couche de* ***ballast***, ***en rails de 11*** m ***de 38*** kg ***le mètre linéaire***, ***avec 14 traverses de 65*** kg *(métalliques)* ***par longueur de rail***, ***de poids total par mètre linéaire de voie de 170*** kg, ***cette voie réglée et mise à hauteur définitive et entretenue en bon état pendant la durée des travaux de pose de voie.***

DÉSIGNATION	MODE A POUSSÉE par machine	MODE B TIRAGE des wagons	MODE Ca WAGONNETS 1 rame	MODE Cb WAGONNETS 2 rames	MODE Cc WAGONNETS 3 rames	MODE D POSEUSE à treuils	MODE E POSEUSE à vapeur	OBSERVATIONS
Longueur journalière	1 694 *m*	1 694 *m*	1 694 *ml*	2 222	4 444	1 826	1 825	La marche à 4444 *ml* pour montrer l'influence de l'entretien de la voie.
Chargements	0,117 *f*	0,117 *f*	0,117 *f*	0,114 *f*	0,110 *f*	0,097 *f*	0,097 *f*	Compris location des wagons stationnant au chargement. Pour Cb et Cc les frais de chef de chantier diminuent avec la quantité chargée.
Montage de la voie	0,335	0,335	0,298	0,270	0,270	0,194	0,194	
Transport par train	0,640	0,640	0,640	0,590	0,590	0,645	0,645	Compris entretien, location, etc., du matériel roulant.
Amenée à l'avancement ou travail à l'avancement	0,078	0,090	0,105	0,109	0,118	0,158	0,163	
Relevages	0,110	0,110	0,110	0,105	0,105	0,110	0,110	
Entretien de la voie	0,300	0,300	0,300	0,225	0,113	0,275	0,275	
	1,580	1,592	1,570	1,413	1,306	1,479	1,487	Les prix d'application sont, en général, grevés de 30 °/ₒ pour frais généraux, bénéfices, etc.
Nombre de trains journaliers	2	2	2	2	4	2	2	
Poids utile d'un train	144 *t*	144 *t*	144 *t*	189 *t*	189 *t*	155 *t*	155 *t*	
Nombre de wagons d'un train	14 à 10,3 *t*	14 à 10,3 *t*	14 à 10,3 *t*	18 à 10,5 *t*	18 à 10,5 *t*	16 à 9,7 *t*	16 à 9,7 *t*	On charge de 9,5 *t* à 10,5 *t* les wagons tarés pour 10 tonnes.
Nombre de machines	5	4	4	4	8	5	4	
Durée du travail	150 j.	150 j.	150 j.	113 j.	56 j.	137 j.	137 j.	
Délai utile	6 mois	6 mois	6 mois	4 m. 1/2	3 mois	5 mois	5 mois	

AMÉLIORATION DES TRANSPORTS EN COMMUN
A PARIS

PAR

M. Marcel DELMAS

Transports en commun.

« Chaque seconde économisée aux terminus a une valeur
» énorme pour l'exploitation lorsque les voitures se succè-
» dent, comme chez nous, à un intervalle de dix secondes.

» En lançant plus de voitures sur les voies, le public a un
» meilleur service, ce qui augmente énormément la recette.

» Signé : H. H. VREELAND,
» *Président de la Metropolitan traction C°, N. Y.* »

(*Street Railway Journal*, octobre 1900, page 795.)

C'est par cette citation que je veux commencer.

M. Vreeland, qui a présidé à la substitution de l'électricité, cherchait ci-dessus à expliquer pourquoi il a muni ses voitures d'un dispositif mécanique pour retourner automatiquement, aux terminus, les écriteaux des voitures indicateurs du sens de marche.

Je pose en principe que :

1° Entre deux moyens de transports, le voyageur donne la préférence non pas au plus rapide, mais à celui grâce auquel *le trajet du voyageur sera le plus rapide*, en y comptant :

a) Temps pour aller à la station ;
b) Durée probable de l'attente à la station avant le départ;
c) Chance plus ou moins grande de trouver de la place ;
d) Vitesse moyenne de transport;
e) Temps pour aller de la station d'arrivée jusqu'au but du voyageur.

2° Le voyageur ordinaire à Paris fait plus attention à la durée de son trajet qu'à la différence des tarifs des compagnies de tramways ou de chemins de fer.

3° Le voyageur donnera la préférence, même à tarif supérieur, au service de transport où il sera *sûr* de partir et d'arriver à l'heure qu'il se sera fixée, sans être exposé à manquer un rendez-vous, par encombrement et manque de place.

4° Cette considération est encore plus importante que la vitesse, sauf à ne pas exagérer la lenteur.

État actuel des transports dans Paris.

Voici les recettes des transports publics :

Bateaux 1897	3.500.000 *f*
Compagnie des Omnibus 1899	47.800.000
Compagnie des Fiacres : Urbaine 1897	13.500.000
Compagnie des Voitures 1899	20.000.000
Chemin de fer de Ceinture 1898	5.000.000
Tramways Nord 1899	5.800.000
Tramways Sud 1899	5.000.000
Paris Romainville 1899	820.000
Funiculaire de Belleville	500.000
Paris-Auteuil, environ	4.000.000
TOTAL	105.920.000 *f*

Population de la Ville : 2.500.000 habitants, soit 42 *f* par habitant.

Je néglige la banlieue et ses 800 000 habitants, parce que j'ai négligé les chemins de fer de banlieue et plusieurs Compagnies de tramways extra-muros, Saint-Germain, Arpajon, Saint-Maur, Poissy, Suresnes, etc.

J'ai mentionné l'Urbaine, bien qu'en liquidation.

Je n'ai pas figuré le Métropolitain qui vient d'inaugurer.

Il y a en outre, quelques petits loueurs de voitures, quelques petits omnibus des gares, qui modifieraient peu le total.

Dans les grandes villes américaines, on dépasse généralement 50 *f* par habitant, bien que Chicago n'ait que les deux tiers de la population de Paris.

Le quantum par tête d'habitant, d'une ville à l'autre, augmente généralement avec la population.

En effet :

	Nombre d'habitants.	Recette par habitant.
Châlons-sur-Marne	26 000	2,80 *f*
Besançon	59 000	3,46
Le Mans	60 000	4,85
Orléans	66 000	3,15
Montpellier	73 000	4,95
Brest	74 000	4,70
Limoges	77 000	4,70
Nice	93 000	6,35
Nancy	96 000	6,70
Nantes	123 000	7,30
Rouen	113 000	18,60
Le Havre	119 000	13,80
Marseille	442 000	9,90
Lyon	466 000	15,40

Ces chiffres ne tiennent pas compte des fiacres, qui figurent pour près de 14 *f* par habitant à Paris. Les produits à comparer sont donc de 26 *f* à Paris, contre 15 à Lyon, cinq fois moins peuplé.

Le Métropolitain.

La population parisienne a fait un grand succès à cette nouvelle exploitation, qui a introduit certains principes, auxquels on proclamait cette population réfractaire. On lui faisait injure, et elle a démontré, malgré la forte proportion de gens des campagnes cet été, qu'elle pouvait se presser et accélérer ses mouvements d'entrée et de sortie des gares et voitures, quand une administration tracassière ne vient pas imposer à l'écoulement des foules des mesures de ralentissement ou d'obstruction.

La Compagnie du Métropolitain réalise, ce qu'apprécie surtout le public :

Une grande vitesse moyenne;
Une grande fréquence de départs.

La grande vitesse moyenne est due, pour une faible partie seulement, à l'emploi des vitesses maxima de 25 *km* à l'heure que l'Administration permet (30 *km* est la limite autorisée, mais on ne trouve pas intérêt à dépasser 25 *km*, voir plus loin).

La grande cause de vitesse est l'énorme réduction du temps perdu aux arrêts, qui se compose lui-même de :

a) Temps perdu par l'arrêt proprement dit;

b) Temps perdu par le démarrage et le freinage.

On verra plus loin ce que sont ces facteurs dans les tramways des différentes Compagnies, et la comparaison avec le Métropolitain.

Pour arriver à réduire les arrêts, on a supprimé toute formalité, les numéros d'ordre, les correspondances, on a muni les voitures de deux portes, une pour l'entrée, l'autre pour la sortie, ce qui canalise le sens d'écoulement de la foule, et on a mis les quais de plain pied. Le personnel de la Compagnie a été dressé à harceler le voyageur pour qu'il se presse, au lieu de ces discussions sans fin aux bureaux d'omnibus. Et le public s'y est fait en quelques jours, enchanté de cette petite fièvre dans les gares.

Pour accélérer les démarrages, on s'est bien gardé de prendre les lourds moteurs à air comprimé, à vapeur, à accumulateurs. La traction électrique par trolley (troisième rail) a permis des trains très légers, avec une force motrice considérable au démarrage, bien qu'encore trop modeste à mon avis. Le voyageur supporterait très bien un démarrage beaucoup plus rapide, et la Compagnie le ferait volontiers, si elle ne brûlait ses moteurs électriques choisis trop faibles. Cette petite erreur est réparable, au fur et à mesure que la Compagnie commandera de nouveau matériel.

Le résultat a été immédiat. le public a afflué et continue à se ruer sur le Métropolitain, qui agit comme une énorme pompe aspirante qui aurait vidé les autres lignes de transport parallèles. Celles-ci resteront vides tant qu'elles resteront dans la routine des vitesses moyennes si faibles (arrêts compris), que la généralité des Parisiens préfèrent aller à pied quand il ne pleut pas. Mais le jour où elles modifieront leur vieille exploitation pour se rapprocher des principes expéditifs du Métropolitain, elles n'auront pas de peine à retrouver une clientèle qui n'aime pas les tunnels, le manque d'air, les escaliers, etc., et adore le mouvement des rues, la lumière des magasins et le grand air. Mais là où les tramways feront une concurrence efficace au Métropolitain, c'est en augmentant la fréquence des passages et en ne laissant plus le client exposé au « complet partout » et aux interminables attentes aux bureaux. Il ne servirait à rien de

doubler la vitesse moyenne pour des parcours de 2 à 3 *km*, qui ne devront pas durer plus de 10 à 12 minutes, si le voyageur perd tout le bénéfice, en stationnant 10 minutes à attendre. Dans tout le centre de Paris (sans oser proposer New-York comme exemple, et ses dix secondes d'intervalle), on ne devrait pas espacer les tramways de plus d'une minute aux heures chargées, et deux minutes aux heures moyennes.

Le Métropolitain ne peut augmenter sa fréquence au delà d'un train toutes les deux minutes, c'est la limite extrême admise par la Compagnie, à cause du block système, des signaux, de la Préfecture de police, etc. A Chicago, j'ai compté deux trains métropolitains par minute, mais que la Compagnie des Omnibus se rassure, jamais pareille fréquence n'osera être imitée à Paris, sur un chemin de fer. Au contraire, les tramways ne sont pas limités comme fréquence, puisqu'ils n'ont pas le block système.

Le Métropolitain ne peut enlever que 200 personnes par train, et 30 trains par heure (un seul sens de marche) soit une capacité de transport maximum de 6 000 voyageurs par heure sur une voie.

Un tramway qui circulerait seulement toutes les minutes donnerait une capacité de transport de 3 000 voyageurs et les principes modernes étant d'avoir de petites voitures très fréquentes, je préférerais encore compter une voiture de 30 places, et 120 passages par heure, soit 3 600 places, susceptible encore d'augmentation. A New-York, le service de 10 secondes donne 14 000 places par heure et par voie.

Si maintenant on réfléchit que le Métropolitain intéresse beaucoup plus le voyageur à long parcours que le piéton pressé du centre, et que, par suite, ces 6 000 places offertes par heure ne comportent pas grand renouvellement en cours de route, tandis qu'il en est tout autrement sur des tramways très fréquents et rapides, on peut affirmer qu'une simple ligne de tramways est susceptible de transporter un plus grand nombre de voyageurs que le Métropolitain sur une période d'une année, par exemple, à condition seulement de renoncer aux habitudes surannées des tramways et omnibus de Paris. Je montrerai plus loin combien faible est l'avantage que peut tirer le Métropolitain d'avoir une voie indépendante et libre de la circulation des rues. Son tunnel lui impose une limitation de fréquence, et il ne peut guère tirer parti d'une grande vitesse maximum, les stations devant de toute nécessité être très rapprochées pour satisfaire le public.

Quant à l'éclairage parfait des voitures du Métropolitain, c'est là une supériorité réelle, et on ne conçoit pas par quelle routine nos Compagnies de transport, y compris les chemins de fer de banlieue, cherchent encore à imiter la vieille boutique fumeuse et mal éclairée du moyen âge, et s'obstinent à ignorer les principes d'éclairage du grand magasin fulgurant qui fascine le client et l'attire comme un papillon.

La Compagnie du Métropolitain ne s'est pas préoccupée d'aérer son tunnel, et cette lacune me paraît devoir être comblée tôt ou tard, au besoin à la requête du Conseil d'hygiène. Il sera facile d'installer de puissants ventilateurs électriques.

Voyons maintenant quelques chiffres :

La vitesse moyenne du Métropolitain, arrêts déduits, est de 23 *km* environ, et 21 *km* arrêts compris.

J'ai fait les comptages suivants de la Bastille à la Concorde pour la vitesse moyenne entre deux arrêts successifs :

21,3, 24,5, 25,6, 23,8, 19,8 24, 23,3 *km*

en kilomètres à l'heure.

Moyenne entre deux stations : 23 *km*.

Voici une autre observation entre le Palais-Royal et le Trocadéro, qui présente cet intérêt que, par suite d'une grande affluence, deux trains se suivaient de près, et la vitesse était réduite par les signaux.

20,5, 10,6 *km* × (arrêt intempestif.) 25 *km* × (arrêts dans le tunnel.) 14,4, 23,8 18,6 *km*

Moyenne générale, arrêts déduits :
17,8 *km* du Palais-Royal à l'Étoile;
18,2 *km* de l'Étoile au Trocadéro.

Cette vitesse moyenne est obtenue surtout par un démarrage et un freinage très rapides :

Observations de freinage : 6, 7, 8, 9, 14, 11, 17 secondes; moyenne : 10 secondes.
— — 19, 22, 18, 15, 8, 7, 8, 9, 8 secondes. (19, 22, 18 : Nota.)

Nota. — C'était le lendemain de l'accident où il y a eu quinze blessés et le train était constamment ralenti par la présence devant lui d'un autre train.

Observations de démarrage :

1° 25, 15, 12, 17, 20, 16, 11 secondes; moyenne : 16,6 secondes;

2° Dans les conditions du « NOTA » ci-dessus :

22, 19, 21, 12, 8, 19, 15, 17 secondes.

En déduisant les démarrages faits dans de mauvaises conditions, j'ai constaté qu'on démarrait parfois en 8 à 10 secondes, même sur la rampe des Champs-Élysées, et que, si les cochers le veulent et si les signaux ne s'y opposent pas, une moyenne de 10 à 11 secondes est normale. La Compagnie paraît admettre 15 à 18 secondes comme moyenne.

C'est surtout sur la durée des arrêts que l'on a réalisé un grand progrès.

Voici quelques comptages pour la durée des arrêts :

1° 18, 27, 38 (Exposition.), 13, 15, 12, 13 secondes; moyenne : *19* s. *1/2*.

2° 23, 16, 25, 23, 24, 10 secondes; moyenne : *20* secondes, à rapprocher de :

30	secondes, moyenne du tramway Étoile-Montparnasse;		
19,6	—	Romainville;	
15,6	—		
36 1/2	—	Louvre-Cours de Vincennes;	air comprimé.
32 3/10	—	Passy-Hôtel de Ville;	
30 1/2	—	Muette-rue Taitbout;	
66	—	Auteuil-Madeleine;	
47 1/2	—	Auteuil-Madeleine;	
42	—	Paris-Auteuil (chemin de fer).	

Mais le Métropolitain peut faire encore beaucoup mieux, et je ne vois pas de raison pour ne pas tomber à une moyenne de 8 secondes par arrêt, alors que j'ai constaté moi-même une *moyenne* de 4 à 5 secondes sur les Elevated de New-York et Chicago. La Compagnie du Métropolitain admet déjà 15 à 20 secondes comme maximum.

Grâce aux éléments ci-dessus, le Métropolitain réalise, *arrêts compris*, une vitesse moyenne de 21 *km*. Ses horaires actuels comportent le trajet complet en 30 minutes pour 10,500 *km*.

A Chicago, des expériences ont établi que les trains électriques

du métropolitain, comparable au nôtre sous ce rapport, démarraient en 15 secondes et atteignaient alors une vitesse absolue de 32 *km*.

Ces forts démarrages ne consomment d'ailleurs que peu d'énergie électrique, car dès que la vitesse est acquise, on coupe le courant, les stations étant très rapprochées. La consommation par démarrage, pour une longue voiture de 50 places assises, absorbe 750 watts-heure au maximum, ce qui suffit pour un trajet d'environ 1 000 à 1 200 *m*. C'est, sur une plus grande échelle, le système de la marche par bonds successifs, qui convient seul aux tramways dans le centre des villes, où tout doit se passer en démarrages successifs.

Il peut paraître intéressant de voir jusqu'où tomberait la vitesse du Métropolitain, s'il pratiquait la déplorable durée moyenne des arrêts et démarrages des tramways de surface.

Prenons comme base la moyenne que j'ai constatée sur les suivants :

	Freinage.	Démarrage.	Arrêt moyen.
	secondes	secondes	secondes
Louvre-Cours de Vincennes. .	14,2	26,6	36 5/10
Louvre-Hôtel de Ville	17,0	22,0	32 3/10
Muette-Taitbout	»	35,5	30 5/10
Madeleine-Auteuil	»	41,0	47 5/10
MOYENNES	15 6/10	31 3/10	36 7/10

Appliquons ces données à un trajet Bastille-Concorde du Métropolitain :

	Il a été de :	Il aurait été de :
	secondes	secondes
Total en freinages	72	7 × 15 = 105
Total en démarrages	116	7 × 31 = 217
Total en arrêts.	121	6 × 36 = 216
TOTAUX	309	538

Or, il a fallu un total de 573 secondes pour effectuer tout le parcours non compris les arrêts.

Soit une vitesse moyenne, arrêts compris, de : 19 *km* au lieu de 14,3 *km*.

Voici donc la mesure (à une faible correction près) des progrès réalisés par l'exploitation du Métropolitain. Toutes propor-

tions gardées (et abstraction faite de ce que la voie est en principe libre et la vitesse plus grande), l'introduction d'arrêts plus courts, de démarrages et freinages plus brusques, a permis d'augmenter la vitesse d'un tiers. Pourquoi les tramways des rues ne chercheraient-ils pas à en faire autant?

Compagnie Parisienne de Tramways.

Tramways Sud.

Cette Compagnie vient d'installer la traction électrique sur :

Étoile-Montparnasse;

Bastille-Charenton;

Bastille-Montparnasse.

Il y a là par rapport à la traction animale une amélioration si grande que le public ne cherche pas au delà. Il y aurait cependant encore mieux à faire, car les vrais principes de l'exploitation par traction électrique ont été méconnus, et l'on a trop sacrifié aux vieilles habitudes d'autrefois.

Au lieu de remorquer des voitures d'attelage, il fallait doubler le nombre d'automobiles pour assurer deux fois plus de fréquence et de vitesse, au lieu d'alourdir les démarrages.

Voici les durées de démarrage que j'ai pu constater sur la ligne Étoile-Montparnasse :

17, 16, 31, 28, 27, 30, 18, 15, 35, 17 secondes; moyenne générale : 23 secondes.

Ce chiffre est à rapprocher du Métropolitain, où la moyenne est de 12 à 15 secondes avec des trains de quatre ou cinq voitures.

L'influence des démarrages est énorme, surtout dans une rue encombrée, où il faut s'arrêter souvent, puis repartir pour franchir quelques mètres, et ralentir de nouveau. Avec de faibles démarrages, on ne traverse une rue encombrée que très lentement, pratiquement à la vitesse du pas, en cornant tout le temps. Avec des démarrages énergiques, on procède par bonds successifs, et on arrache rapidement la voiture des petites sections de rues qui retardent la vitesse moyenne dans des proportions dont on ne se doute généralement pas. Ainsi, j'ai fait, pour la ligne Louvre-Hôtel de Ville, un comptage, dans lequel la lourde voiture à air comprimé, sans attelage, a mis 4 m. 20 s. à traverser la place de l'Alma, depuis l'avenue Marceau jusqu'à l'entrée du

Cours-la-Reine, où elle n'a stationné que 7 secondes pour prendre ses voyageurs. Cet énorme temps perdu a été dû en partie à la difficulté de se faufiler dans l'encombrement des véhicules de l'Exposition, ce qui eût été bien plus facile à une voiture légère ayant une grande force motrice.

Je reviendrai plus loin sur la question des démarrages.

Aux Tramways-Sud, les cochers ne paraissent pas avoir reçu instruction de tirer profit de leur système de traction pour démarrer plus vite. Dans les exploitations de tramways électriques dont j'ai eu à assurer la mise en marche, les cochers (wattmen) devaient manœuvrer (en voie libre) leur commutateur (contrôleur) de manière à en parcourir les 6 ou 7 touches en 12 ou 13 secondes, à raison d'environ 2 secondes par touche, sauf la première, qui exige une durée d'environ 3 secondes. Ceci assure un démarrage en 9 ou 10 secondes. On atteint une vitesse d'environ 16 *km* vers la neuvième seconde et, vers la douzième seconde, on pourrait dépasser 20 à 22 *km* à l'heure. C'est ainsi qu'au Métropolitain on atteint une vitesse de 12 à 16 *km* en 7 à 8 secondes, et les 26 ou 30 *km* en 12 à 15 secondes.

A Paris, les Compagnies ne paraissent pas avoir attaché d'importance à cette grave question des démarrages rapides. En Amérique, les démarrages sont plus brusques et la vitesse moyenne tombe bien rarement au-dessous de 14 à 15 *km* à l'heure, même dans Broadway aux heures du plus grand encombrement.

Sur la ligne Étoile-Montparnasse, j'ai compté 15 démarrages en allant à Montparnasse et 15 en revenant à l'Étoile.

Voici les durées observées :

17, 16, 31, 28, 27, 30, 18, 15, 35, 17 secondes en allant,
30, 20, 27, 16, 15, 14 secondes en revenant.

Il y a eu 5 démarrages à l'aller et 9 au retour, qui ont été faits si lentement à si faible vitesse, qu'ils ne pouvaient donner lieu à aucune observation raisonnable, le cocher marchant au pas plus d'une minute, au lieu de procéder par bonds, chaque fois que la rue lui présente un espace libre pour se faufiler.

Le résultat en est que la vitesse moyenne a été de :

11,8 *km* à l'heure, *arrêts déduits*, dans un sens,
et de 12 *km* à l'heure, *arrêts déduits*, en revenant,

ce qui est insuffisant.

Une autre cause d'arrêts et lenteurs est ce fatal système des

bureaux d'omnibus, des numéros et des correspondances, souvenirs d'un autre âge que nous cultivons avec amour, comme on ne le fait pas toujours pour des monuments historiques.

Voici le comptage de la durée de stationnement :

Secondes.				Secondes.
8		Rue Galilée	(pas de bureau)	12
13		Rue Pierre-Charron	Id.	22
(131)	Exposition	Station de l'Alma	(bureau)	28
15	Exposition	Sur le pont de l'Alma	(pas de bureau)	22
29	Exposition	Quai d'Orsay	Id.	30
4	Exposition	Gros-Caillou	Id.	6
23	Exposition	Rue Saint-Dominique	Id.	25
7	Exposition	Rue de Grenelle	Id.	12
(71)	Exposition	École Militaire	(bureau)	(138)
12		Invalides	(pas de bureau)	5
17		Église Saint-François-Xavier	Id.	40
34		Rue de Sèvres	(bureau)	30
8		Avenue du Maine		16
372				386
moyenne 29				moyenne 30

Il y aurait un grand perfectionnement à réaliser sur cette durée des arrêts qui ne devrait pas dépasser une moyenne de 8 secondes.

J'ai constaté à New-York une moyenne de 4 à 5 secondes pour les arrêts. Le public a été dressé à entrer par la plate-forme d'arrière et à sortir par l'avant, lorsqu'il y a encombrement. Les arrêts y sont généralement de 2 à 3 secondes, rarement de 8 à 10 secondes. J'estime qu'à Paris, même en tenant compte de la forte proportion d'invalides et de vieilles femmes que nous encourageons à encombrer nos moyens de transport, la durée moyenne des arrêts pourrait facilement être amenée à 8 secondes (sauf circonstances exceptionnelles) avec les voitures sans impériale, munies de deux portes, une pour l'entrée par l'arrière, l'autre pour la sortie par l'avant, ce qui suppose toujours la suppression des correspondances et des numéros d'ordre, et une fréquence suffisante pour empêcher la foule de s'agglomérer. La présence d'une voiture d'attelage prolongera la durée moyenne des arrêts, il faut la supprimer. Le prix de revient du kilomètre-

voiture baissera malgré l'augmentation de main-d'œuvre, si la vitesse augmente.

Je montre ci-dessus qu'on a perdu 386 et 372 secondes aux arrêts, soit :

4 m. 28 s. } *de plus* que si la moyenne des arrêts avait été de
et 4 m. 42 s. } 8 secondes.

La durée du trajet ayant été de 27 m. 42 s.
et 27 m. 22 s.

on voit qu'on pourait économiser environ 17 0/0 de la durée en se donnant plus de peine pour réduire le gaspillage du temps perdu aux haltes.

Quant au gaspillage pour le démarrage, je le chiffre comme suit : les vitesses moyennes entre deux arrêts (temps compté entre un démarrage et l'arrêt suivant) ont été les suivantes :

En allant à Montparnasse :

en descendant
10,3, 16,8 7,1, 9,1, 6,3, 10,4, 14,8, 7,6, 11,7, 15,4, 18,2, 15, 4.
12,8 11,800 *km*.

En revenant :

8,8, 14,8, 10,8, 11,5, 8,0, 11,6, 15,6, 11,5, 12,0, 13,4, 17,0, 13,8,
en montant 10,3, 11,6 *km*.

vitesse moyenne, arrêts déduits : 11,8 *km* en descendant,
12,0 *km* en montant.

Or, chaque section parcourue mesurant en moyenne 300 *m*, devrait théoriquement, avec un démarrage en 13 secondes
un freinage de 8 —
et une vitesse maximum de 20 *km*,
donner une vitesse moyenne de 17 *km*.

Même en admettant que l'on exhume quelque règlement moyenâgeux pour rapprocher cette vitesse de celle des pataches, on devrait au moins, avec une vitesse maximum de 18 *km*, réaliser une vitesse moyenne de 15 *km* (arrêts déduits). Or elle n'est, grâce aux mauvais démarrages et à l'insouciance des cochers, que de 12 *km*. Il y aurait donc un bénéfice à faire de

20 0/0 sur la durée. En y ajoutant
17 0/0 gaspillés, aux arrêts,

à regagner : = 37 0/0,

je conclus que les tramways Étoile-Montparnasse, malgré tout le succès d'engouement de la part d'un public qui n'a pas encore été gâté à Paris, pourraient nous faire réaliser *37 0/0 d'économie de temps, sans accroître leur vitesse absolue dans la rue*, qui, seule, intéresse les pontifes de la sécurité publique. Ce trajet, qui dure actuellement 27 minutes et demie (le jour où j'ait fait le comptage, par une belle après-midi, pendant l'Exposition), ne devrait durer, dans les mêmes circonstances, que 17 minutes et demie. Et si l'on supprimait la voiture d'attelage pour augmenter la fréquence, le public, qui attend aux stations, gagnerait encore quelques minutes d'attente.

On peut chiffrer le bénéfice que retirerait la Compagnie de cette amélioration d'exploitation : d'une part la capacité de transport de sa ligne et de son matériel serait augmentée de 37 0/0, tandis que le prix de revient baisserait presque autant, puisque l'amortissement d'une voiture et la main-d'œuvre de deux hommes coûtent le même prix par journée, que l'on gagne ou gaspille ces 37 0/0.

D'autre part, les voyageurs sortant de chez eux, et pouvant hésiter entre plusieurs lignes de tramways, iront à la plus rapide (qui doit être la plus fréquente aussi) et un gain de 10 minutes sur la durée (sans parler du gain par augmentation de fréquence) représente, de chaque côté de la ligne du tramway, une zone de 500 *m* de large, que le voyageur met 5 minutes à traverser ; soit, pour chaque kilomètre de ligne de tramway, environ 260 000 d'habitants intéressés, dépensant en moyenne 40 fr. de transport par an, soit une dizaine de millions de francs. Telle est l'importance de la réduction des arrêts et démarrages qui réalise :

1° Augmentation de la capacité de transport et de la recette brute ;

2° Réduction des dépenses par kilomètre-voiture ;

3° Augmentation énorme de la clientèle possible.

Tout cela est possible, soit sur la ligne de l'avenue Marceau (caniveau souterrain), soit sur la ligne Bastille-Charenton (trolley), parce que les automobiles y sont légères et qu'on peut en lancer un nombre illimité, jusqu'à atteindre une fréquence de 10 secondes s'il est nécessaire, comme à New-York.

Voyons maintenant la ligne Bastille-Charenton équipée avec le trolley.

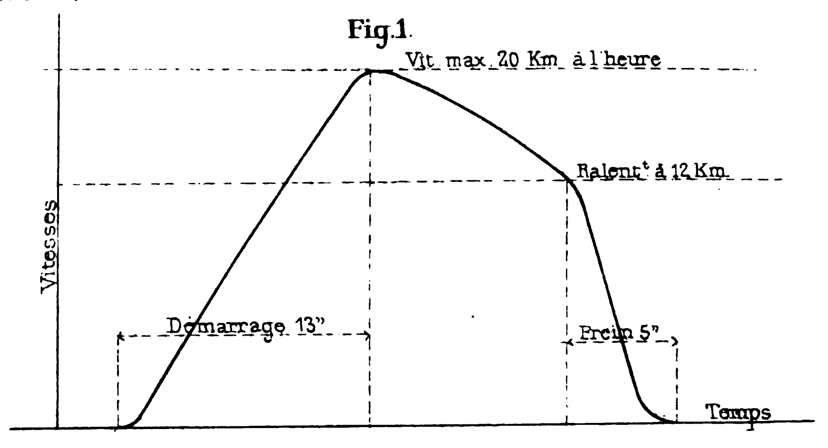
Dans sa partie extra-muros, malgré une mauvaise courbe et la présence d'une voiture d'attelage. la vitesse moyenne, arrêts déduits, a été de 14 *km* autour de l'Exposition de Vincennes.

En ville, voici quelles ont été les vitesses moyennes observées entre deux arrêts successifs :

16,8, 18, 13,9, 11,3, 14, 11, 11,6 *km* allant vers la Bastille.

Les démarrages ont été tous si lents qu'il n'y avait pas lieu de les observer. Le plus rapide de tous a été fait en 20 secondes. Extra-muros, j'ai observé des démarrages en 15 et 17 secondes. Il y a eu beaucoup d'encombrement de charrettes en approchant de la Bastille, et la méthode du wattman, de démarrer lentement, au lieu de bonds successifs, a beaucoup réduit la vitesse moyenne, qui a été cependant de 13,9 *km*, arrêts déduits.

La durée moyenne du freinage a été de $9,^{\text{secondes}}_{8/10}$, ce qui n'est pas mauvais, mais on pourrait fort bien dresser les cochers à freiner en cinq secondes, les voyageurs ne commenceraient guère à se plaindre de la brusquerie que vers 4 secondes de freinage, d'autant plus que la vitesse tombe généralement à 12, à 13 *km* au moment de l'application du frein (*fig. 1*).



Voici la durée successive des arrêts observés :

13, 18, 19, 20, 18, 10, 1, 14, 7, 13, 11, 11, 12, 20 secondes.

Exposition de Vincennes.

Moyenne par arrêt : 13,6 secondes.

Cette ligne est exploitée d'une manière plus voisine des vrais principes que l'Étoile-Montparnasse :

	Étoile-Montparnasse.	Charenton-Bastille.
Vitesse moyenne (arrêts déduits). . . (voiture d'attelage dans les deux cas).	12 *km*	13,9 *km*
Durée moyenne des arrêts.	29 secondes	13,6 sec.
Durée moyenne des démarrages . . .	23 —	16 secondes
(Prorata). Durée réelle des arrêts calculés pour une heure de trajet.	14 m. 6 s.	7 m. 54 s.
Le même, calculé théoriquement avec des arrêts de 8 secondes en moyenne chaque	3 m. 48 s.	4 m. 42 s.

Tramways systèmes Diatto et autres.

Dans ce type rentre le nouveau tramway de l'Opéra à Romainville (Claret-Vuilleumier). Les voitures peuvent être aussi légères qu'avec trolley ou caniveau souterrain. D'ailleurs, à partir de la place de la République, elles marchent avec trolley. Sans examiner si le système Diatto, ou tout autre équivalent, n'est pas une solution bâtarde de la traction électrique, voyons quels progrès dans leur exploitation ont réalisés les nouveaux concessionnaires.

Le démarrage et le freinage sont sensiblement plus rapides que dans les autres Compagnies de tramways. On voit que l'attention a été portée sur ce point, mais que les cochers ont une tendance à revenir à l'ancien système familial des démarrages très lents. Ils sont encore loin de tirer de leur commutateur l'excellent démarrage que permet la traction électrique.

Démarrages observés :

Entre l'Opéra et les fortifications :

12, 13, 15, 13, 17, 22, 26, 21, 13, 25, 10, 25, 29 secondes.

En revenant des fortifications à la place de la République :

15, 17, 12, 13, 10, 14, 9 secondes.

Moyenne générale des démarrages : 16,6 secondes.

Avec un petit effort, on obtiendrait que les cochers se servent plus souvent, au démarrage, des touches du commutateur donnant les grandes vitesses, au lieu de rester sur des vitesses de 10 à 12 *km*.

Le freinage a été bon. Voici les comptages :

7, 7, 5, 8, 4, 6, 8, 7, 5, 5, 5, 5, 5, 7, 6, 5 secondes.

Moyenne générale : 6 secondes.

Et au retour :

15, 13, 10, 8, 5, 12, 10, 7, 7 secondes.

Forte pente. Forte pente.

Moyenne : 9,8 secondes.

Les voitures descendant de fortes pentes, le freinage a été plus lent, par prudence.

Les arrêts sont beaucoup moins longs que sur la Compagnie des Omnibus. La disposition des voitures se prête mieux à un emplissage ou vidage rapide. La suppression des correspondances, des numéros, des bureaux, a permis une grande amélioration. Le reste est à obtenir des cochers et conducteurs, qui peuvent faire beaucoup en accélérant le public, et en améliorant la vitesse moyenne.

Voici la durée des arrêts observés :

En allant : 25, 3, 33, 10, 38, 22, 14, 24, 78 [1], 7, 6, 9, 14, 6, 25, 27, 3, 9 secondes.

En revenant : 13, 6, 41, 6, 27, 25, 13, 2, 7 secondes.

Moyenne : En allant . . . 19,6 secondes.
En revenant. . 15,6 —

La moyenne de 15 et 19 secondes par arrêt est encore beaucoup trop forte. On voit le grand nombre d'arrêts où l'on n'a séjourné que 3, 6 ou 7 secondes, ce qui devrait être la règle générale.

Le total des arrêts a été de . . 353 secondes, en allant,
140 — en revenant,

pour des parcours qui ont duré, arrêts déduits :

1 966 secondes
et 857 —

c'est-à-dire que, pour une heure de trajet, y compris les arrêts, ces arrêts représentent . . . . 8 1/2 à 9 minutes, alors qu'avec des arrêts de 8 secondes en moyenne, il n'y aurait que . . . . 4 à 4 1/2 minutes.

(1) Changement de système de traction, du Diatto au trolley.

Les vitesses moyennes ont été, arrêts déduits :

De 11,6 *km* entre l'Opéra et les fortifications ;
De 16,1 *km* entre les fortifications et le Château-d'Eau.

Voici, d'ailleurs, les vitesses successives entre deux arrêts :

$10_{,2}$, 15, $12_{,1}$ $4_{,2}$ (Sébastopol et Saint-Martin) $9_{,5}$, $5_{,7}$, $9_{,10}$, $4_{,6}$, $10_{,3}$, 11, 22, $6_{,3}$, $11_{,8}$, $10_{,6}$, $18_{,8}$, $13_{,1}$, $12_{,3}$, $16_{,2}$, 15 *km*.

Moyenne : 11,6 *km*

Et en revenant :

$18_{,8}$, $20_{,5}$, $17_{,6}$, $15_{,6}$, $19_{,8}$, $12_{,2}$, $9_{,2}$, 17 *km*

Moyenne : 16,1 *km*

La première voiture allait plus lentement que la moyenne, elle a été rejointe par l'automobile qui partait après elle.

Voici donc une Compagnie qui réalise une vitesse moyenne de 16 *km* entre la place de la République et les fortifications. La vitesse moyenne se trouve réduite à 11 1/2 *km* dans les rues encombrées du centre (place de la Bourse et l'Opéra (11 heures du matin).

La vitesse utile pourra être améliorée de 10 à 12 0/0 par la réduction des arrêts et des démarrages, et serait alors portée :

A 14 *km* entre l'Opéra et les fortifications ;

A 18 *km* entre la place de la République et les fortifications.

Les résultats acquis sont légèrement supérieurs à ceux des Tramways-Sud.

	Tramways-Sud.		Romainville.	
Vitesse moyenne, arrêts déduits.	12 et 13,9 *km*		11,6 et 16,1 *km*	
Durée moyenne d'un arrêt. . .	29″	13″6	19″6	15″6
Durée moyenne d'un démarrage.	23″	16″	16″6	
Prorata des arrêts par heure. .	14′6	7′54	9′	8′30
— théorique avec 8 secondes par arrêt	3′48	4′42	4′30	4′

Ces résultats sont indépendants du système de traction. Ils tiennent en partie à la manière dont les cochers conduisent et aussi à l'absence de voiture remorquée, et ils sont susceptibles encore d'amélioration notable.

Compagnie des Omnibus.

J'en arrive à la plus importante, et aussi celle où il y a le plus à faire comme améliorations (dans son réseau de tramways).

Je ne parlerai pas du lien commun de la traction animale ni du curieux état d'esprit des « amis de Paris » qui s'effarouchent de l'idée de mettre des rails sur les grands boulevards, mais qui admettent l'odeur agricole du crottin de cheval et du purin sur nos grandes places publiques transformées en écuries par les terminus d'omnibus ou tramways, où il n'est pas rare de voir une dizaine de véhicules, soit une trentaine de chevaux achevant leur digestion.

La Compagnie des Omnibus a tenté un louable effort de transformation. Elle s'est heurtée au parti pris irréductible de l'ancien Conseil municipal, qui n'a voulu ni examiner ni discuter, mais qui a officiellement voté la rupture de toutes relations avec la Compagnie, ordonnant qu'on n'écouterait systématiquement aucune de ses propositions.

Et pourtant cette Compagnie devrait être un des enfants gâtés de l'Hôtel de Ville, dont elle alimente le budget comme peu d'œuvres sociales le font. En effet :

Alors que la Compagnie a distribué à ses actionnaires, pour 1899, un dividende de 65 *f* par action ayant absorbé.	1 750 000 *f*
elle a payé à la Ville un total de redevances de	4 046 000 *f*
et à l'État.	1 448 000
Total des redevances.	5 494 000 *f*

représentant 161 *f* par action, soit deux fois et demie plus qu'à ses actionnaires (1).

Pour vouloir aller plus loin, et pressurer la Compagnie davantage, il faut que l'on s'imagine que ces bénéfices ne comportent pas d'aléa. Mais comment s'expliquer que l'on tue la poule aux

(1) La Compagnie des Petites Voitures a payé, en 1899. . . . . = 3 989 900 *f* de taxes et impôts, tandis que la rémunération de son capital (soit près de dix fois plus) . . . . = 401 000 ce qui est la négation de toute industrie.

œufs d'or? Les tramways de pénétration et le Métropolitain verseront-ils jamais à la Ville un bénéfice net pareil? Car la Compagnie des Omnibus n'a pas nécessité l'emprunt de 180 millions qu'a dû faire la Ville pour construire le Métropolitain.

On a donc peine à s'expliquer l'hostilité qui a jusqu'ici régné à l'Hôtel de Ville contre la Compagnie des Omnibus. Quoi qu'il en soit, la Compagnie des Omnibus n'ayant pu obtenir les durées de concessions et d'amortissement dont la Ville gratifiait largement les nouveaux venus qui n'avaient fait encore preuve que d'audace, a dû se réfugier dans des solutions bâtardes du problème de la traction mécanique. Elle a dû négocier avec l'État seul, la Ville ayant fait l'enfant qui boude, et le résultat a été la création de la traction à air comprimé, type Auteuil-Madeleine, à accumulateurs, type Louvre-Vincennes.

Je ne parlerai pas de la traction à vapeur, Serpollet, Rowan, etc., qui me paraît devoir disparaître à bref délai.

Le but immédiat, qui était de supprimer les chevaux sur certaines lignes, a été atteint, mais on n'a presque pas avancé vers le but réel, qui devait être d'améliorer le service, d'accélérer les transports, enlever plus rapidement les foules, et ramener à l'état d'une rare exception le régime du « complet partout » qui est la plus grande cause d'irritation du public et de succès des entreprises concurrentes.

La rapidité du transport dépend, avant tout, de la durée des arrêts. La première amélioration devrait être la suppression des impériales. Ce qui cause le plus de temps perdu, c'est la montée ou la descente des voyageurs par ce petit escalier qui aboutit au casse-cou formé par le toit de l'impériale. D'autant plus que les gens encombrés de paniers ou les vieilles invalides affectionnent spécialement ce genre de sport, par économie.

Au lieu de cela, on a augmenté le rôle des impériales. Autrefois, on n'offrait qu'un maximum de vingt places sur l'impériale, mais avec les trains de deux voitures, c'est maintenant sur une disponibilité de quarante places que s'exercent les facultés gymnastiques du public, à chaque arrêt, et voici les résultats produits :

DURÉE DES ARRÊTS :

Auteuil-Madeleine (6 heures soir, un attelage) :

131, 81, 25, 159, 2, 108, 10, 35, 21, 207, 20, 15, 43 secondes.

Moyenne par arrêt : 66 secondes.

Auteuil-Madeleine (6 heures soir, un attelage) :

29, 65, 50, 115, 28, 58, 120, 7, 9,5, 80, 25, 43, 135, 38, 19, 8, 21 secondes.

Moyenne par arrêt : 47 1/2 secondes.

Muette-Taitbout (2 heures 30 soir, pas d'attelage) :

20, 8, 22, 8, 62, 5, 15, 158, 8, 67, 8, 10, 43, 35, 24, 17, et 5 secondes.

Moyenne : 30 1/2 secondes.

Passy-Hôtel de Ville (2 heures soir, pas d'attelage) :

61, 34, 7, 140, 7, 46, 18, 1, 8 secondes.

Moyenne : 36 secondes.

Louvre-Cours de Vincennes (3 heures soir, un attelage) :

61, 45, 1, 47, 24, 4, 242, 4, 94, 13, 10, 44, 11, 16, 12, 13, 51, 11, 27 secondes.

Moyenne : 36 1/2 secondes.

On croit rêver en parcourant ces chiffres. Le fatal système des correspondances, qui comporte pour chaque voyageur toute une comptabilité et des paperasses qui retardent le départ, de fréquentes discussions qui arrêtent, etc., sera toujours une cause d'infériorité pour la Compagnie des Omnibus devant la concurrence grandissante de transports plus rapides. Il dépend de la Compagnie et du Conseil municipal, qui représente le public, de modifier cette clause du cahier des charges.

Le régime du *complet partout* est une autre grave cause de retard, parce qu'il entraîne l'appel des numéros aux stations, sous la surveillance d'un fonctionnaire qui n'est pas toujours disponible et qu'on attend patiemment. Il règle les contestations, mais n'accélère pas le service. Les plus grosses durées d'arrêt ci-dessus mentionnées proviennent toutes de l'appel des numéros.

APPEL DES NUMÉROS :

Madeleine-Auteuil :

rue de Rome,	Saint-Augustin,	Étoile,	Trocadéro-Exposition.
131,	81,	108,	207 secondes.
	65,	178,	135 —

Muette-Taitbout :

158,	67 secondes.
Étoile,	Saint-Honoré.

Passy-Hôtel de Ville :

61 secondes, Place de Passy.
185 — Place du Trocadéro.
75 — par le Tramway-Sud précédent, avenue Marceau.
185 — Place de l'Alma.

Louvre-Cours de Vincennes :

242 secondes, Place de la République.
94 — rue Oberkampf.
44 — Place Voltaire.

Ces chiffres, qui n'ont pas été triés pour la cause, mais résultent d'observations faites au hasard des lignes dans Paris, démontrent la nécessité de mettre plus de voitures en service aux heures chargées, de dédoubler les trains de deux voitures, l'accumulation de la foule aux stations devenant une énorme cause de retard. N'est-il pas révoltant de voir des trains déjà bondés stationner plusieurs minutes à un bureau pour ne prendre qu'un ou deux voyageurs, tandis qu'il y a dans ce *train* une centaine de gens impatients et pressés.

Ici encore, le cahier des charges, loin de sauvegarder l'intérêt général et le bien public, lui est un obstacle, car il impose à la Compagnie un énorme droit de stationnement annuel pour chaque voiture, ne servirait-elle qu'une heure par jour. Ceci demande à être réformé, et ensuite la Compagnie devra rationnellement augmenter la fréquence autant qu'il sera nécessaire pour supprimer radicalement le système de l'appel des numéros aux stations. C'est une théorie de débutants de prétendre plus économique d'exploiter avec des voitures bondées. La Compagnie a intérêt à ce que ses voitures ne soient jamais pleines, d'abord parce qu'elles iront plus vite et lutteront mieux contre les autres concurrences, ensuite parce que la Compagnie perd actuellement la presque totalité des voyageurs à faible parcours. On ne prend le tramway que contraint et forcé, et seulement pour les longs parcours, parce qu'on va plus vite à pied, en comptant le temps perdu à attendre une voiture qui ne passe que toutes les dix minutes et qui sera probablement complète. C'est une erreur de

la Compagnie de ne favoriser que les voyageurs à long parcours et de vouloir faire ainsi concurrence aux chemins de fer, bateaux, etc., contre lesquels elle ne peut lutter de vitesse. Le tramway de surface doit s'adresser aux piétons du centre qu'il cueille pour lui faire économiser quelques minutes. La Compagnie a beaucoup plus d'intérêt à renouveler ses voyageurs sur un trajet qu'à transporter un *complet partout* de bout en bout. Le voyageur à faible parcours payant le même prix est bien plus intéressant, puisqu'il rendra sa place disponible pour un second voyageur payant. Et cela n'est possible qu'avec une grande fréquence et une vitesse moyenne de transport très élevée. C'est la négation des trains de deux voitures, ou même des grandes voitures à arrêts très espacés, qui ne conviennent qu'aux longs parcours, pour les trajets suburbains, mais qui n'attireront jamais le piéton pressé du centre.

Que dire, dans cet ordre d'idées, d'un service où l'on arrête (ligne de Madeleine-Auteuil) et (Passy-Hotel de Ville) toutes les voitures (100 voyageurs par train) au milieu de leur parcours, pour faire perdre à tout ce monde pressé une moyenne de 2 minutes à *biberonner*, c'est-à-dire visser un tuyau d'air comprimé, ajuster le raccord, attendre que le réservoir soit rempli, refermer, dévisser, etc., pendant que 100 voyageurs attendent.

La perte de temps se complique, aux heures de plus grande fréquence, de ce que le tramway précédent n'a pas toujours fini de *biberonner* lorsque arrive le suivant, qui doit attendre son tour.

J'ai constaté ainsi, au hasard de mes comptages, au bureau d'omnibus de la rue Saint-Honoré (boulevard Haussmann) :

122 secondes de biberon, le 25 octobre, avec *complet partout*.

50	—	attente que le tramway précédent ait débloqué.
115	—	biberon.
165	—	(le 18 octobre avec *complet partout*).

Que nous sommes donc loin des idées de M. Vreeland, président des Tramways de New-York, qui a fait la dépense d'une installation automatique pour tourner les écriteaux pour gagner quelques secondes par trajet.

J'ai établi précédemment que chaque arrêt ne devrait pas consommer plus de 8 secondes. Voyons quelle amélioration cela amènerait sur les trajets dont j'ai fait les comptages.

	MADELEINE-AUTEUIL jusqu'à l'entrée de la rue Mozart		MUETTE-TAITBOUT	PASSY-HOTEL DE VILLE jusqu'au Louvre	LOUVRE-COURS DE VINCENNES
Durée du parcours, arrêts non compris	30′ 49″	31′ 58″	28′ 35″	24′ 57″	32′ 11″
Total des arrêts aux stations. . .	14′ 17″	14′ 15″	8′ 35″	11′ 28″	12′ 10″
Durée totale réelle, arrêts compris	45′ 6″	46′ 13″	37′ 10″	36′ 25″	44′ 21″
Total des arrêts de huit secondes.	104″ 13 arrêts	104″	104″	96″ 12 arrêts	124″ 18 arrêts
Durée totale théorique du parcours aves des arrêts de huit secondes	32′ 33″	33′ 42″	30′ 19″	26′ 33″	34′ 15″
Économie	12′ 33″	12′ 31″	6′ 51″	9′ 52″	10′ 6″
Rapport 0/0	39 0/0	37 0/0	23 0/0	37 0/0	30 0/0
Vitesse moyenne actuelle, arrêts compris	7 *km*	6,8 *km*	10,1 *km*	9,5 *km*	8,2 *km*
Vitesse théorique due avec arrêts de huit secondes	9,9 *km*	9,6 *km*	12,3 *km*	12,1 *km*	10,6 *km*

Ainsi, sans parler d'autres causes de retards que les stations, ces comptages montrent qu'on pourrait améliorer la vitesse moyenne de 23 0/0 jusqu'à même 39 0/0, et faire gagner, sur chaque trajet, de 7 à 12 minutes.

Voyons les démarrages : Ces très lourdes voitures, qui portent soit des accumulateurs, soit l'équipement de l'air comprimé, et remorquent souvent un attelage, mettent à démarrer un temps anormal.

Voici les démarrages observés avant d'atteindre une vitesse normale (celle d'un fiacre au trot).

Madeleine-Auteuil :

65, 44, 52, 30, 57, 47, 38, 28, 30, 35, 30, 52, 33, 46, 47, 23 secondes.

Moyenne : 41 secondes.

Muette-Taitbout :

30, 37, 45, 25, 30, 63, 35, 45, 30, 32, 32, 33, 30, 37, 45, 47 secondes.

Moyenne : 35 1/2 secondes.

Louvre-Passy :

35, 23, 17, 27, 16 secondes; les autres trop lents pour être observés.

Louvre-Cours de Vincennes :

20, 19, 20, 19, 31, 32, 28, 27, 27, 29, 35, 30, 38, 24, 20, 29 secondes.

Moyenne : 26,6 secondes.

Mes observations m'ont montré que, dans les meilleures conditions ordinaires, voie libre, en palier, il faut compter avec ces lourdes voitures, de 28 à 35 secondes.

	Le temps totalisé employé en démarrages a été de :	A raison de 12" il aurait dû être de :
A. *Madeleine-Auteuil* (rue Mozart).	13 m.	3 m. 48 s.
B. *Muette-Taitbout*	10 m. 6 s.	3 m. 24 s.
C. *Louvre-Cours de Vincennes*. . .	8 m. 24 s.	5 m. 48 s.

A cause des espaces parcourus, l'économie sur le trajet n'est qu'environ la moitié de l'économie sur le démarrage. On aurait pu gagner, avec une traction mécanique rationnelle :

A. 4 m. 36 s.,
B. 3 m. 21 s.,
C. 2 m. 18 s.

Une grosse perte de temps résulte d'un freinage beaucoup trop doux. Les cochers ont probablement instruction, surtout avec des trains de deux voitures, de freiner tout doucement, un peu à cause des voyageurs, et beaucoup à cause du lourd matériel. C'est une grosse erreur. Il faut démarrer et freiner aussi brusquement qu'il est possible sans trop bousculer les voyageurs.

Voici les durées de freinage que j'ai pu observer.

Louvre-Passy :

19, 10, 13, 24, 18.

Moyenne : 17 secondes.

Louvre-Cours de Vincennes :

8, 15 30, 15, 7, 8, 13, 12, 8, 20, 20, 9 secondes.

Moyenne : 13,8 secondes.

Auteuil-Madeleine :

Pratiquement inobservable; ralentissement trop lent et progressif.

Le freinage ne devrait pas dépasser 5 à 6 secondes. Comme il absorbe en moyenne de 16 à 17 secondes, et qu'il y a de 16 à 18 freinages par trajet, c'est donc environ de 176 à 200 secondes de trop par trajet, dont environ la moitié perdue (à cause du calcul des espaces parcourus) soit 88 à 100 secondes.

Si nous récapitulons maintenant les pertes de temps qui peuvent être économisées nous trouvons ceci :

	DURÉE actuelle arrêts compris	ÉCONOMIES A RÉALISER sur			TOTAL	VITESSE	
		arrêts	démarrages	freinages		actuelle	due
Madeleine - Auteuil (rue Mozart)	47′ 5″	12′ 31″	4′ 36″	1′ 40″	18′ 47″	6,8 *km*	11,4 *km*
Muette-Taitbout.	37′ 10″	6′ 51″	3′ 21″	1′ 20″	11′ 31″	10,1 *km*	14,6 *km*
Passy - Hôtel de Ville (Louvre)	36′ 25″	9′ 52″	3′ 21″ (1)	1′ 20″	14′ 33″	9,5 *km*	14,7 *km*
Louvre - Cours de Vincennes	44′ 21″	10′ 6″	2′ 18″	1′ 10″	13′ 34″	8,2 *km*	11,9 *km*

(1) En réalité davantage, mais les observations n'ayant pu être faites, je prends ici le même chiffre que sur Muette-Taitbout.

Les deux dernières colonnes de ce tableau montrent quel progrès énorme serait réalisé par une exploitation moderne, sans nuire à la sécurité publique, sans augmenter la vitesse absolue dans les rues.

Comment la Compagnie des Omnibus pourrait-elle lutter actuellement contre la concurrence avec des trajets qui durent respectivement :

47 m. 5 s., 37 m. 10 s., 36 m. 25 s., 44 m. 21 s.,

alors qu'ils ne devraient durer que :

28 m. 18 s., 25 m. 39 s., 21 m. 52 s., 30 m. 47 s.,

sans parler de l'attente sur les trottoirs et de l'insécurité du complet partout.

J'ai montré, à l'occasion des Tramways-Sud, qu'en faisant gagner une moyenne de 12 minutes par trajet, on augmentait la

« zone d'influence » du tramway d'environ 500 à 600 *m* en largeur de chaque côté de la voie, ce qui représente par kilomètre de ligne de tramway 260.000 habitants dépensant annuellement une dizaine de millions de francs de transports divers dans Paris.

Voilà quelle est l'importance qu'il y a à aller vite et ces considérations devraient dominer dans le choix de l'exploitation par traction mécanique, beaucoup plus que les fractions de centimes par kilomètre-voiture, suivant que la détente de l'air est *adiabatique* ou que les accumulateurs sont à charge plus ou moins rapide.

Mes observations m'autorisent à dire que, dans la grande majorité des cas, les ralentissements causés par l'encombrement des rues pourraient être évités. D'abord, avec des tramways plus fréquents, leur voie serait mieux déblayée.

Ensuite, la traversée d'une artère encombrée se ferait beaucoup plus vite par bonds successifs et démarrages rapides, qu'avec les trains à air comprimé qui doivent d'abord corner jusqu'à ce qu'on leur fasse une trouée, puis démarrent lentement, franchissent l'obstacle au pas et ne peuvent réellement démarrer qu'au delà.

Voici des comptages d'obstructions ou arrêts intempestifs :

	Madeleine-Auteuil.		Muette-Taitbout.	Passy-Hôtel de Ville.	Louvre-Cours de Vincennes.
	secondes	secondes	secondes	secondes	secondes
Pertes par manque de fréquence, voies pas assez déblayées . .	»	»	8	»	105
	20	»	25	»	61
	10	»	30	»	58
	15	»	15	»	30
Totaux . . .	45		78		254
Arrêts intempestifs dus à des trams à chevaux qui bloquent, ou à des trams précédents qui appellent leurs numéros.	80	»	»	45	130
	»	93	»	75	»
	30	»	»	185	»
	»	»	»	24	»
	»	»	»	60	»
Totaux . . .	110	93		389	130
Total général. . .	2'35"	1'33"	1'18"	6'29"	6'24"

Voilà encore du temps gaspillé inutilement, dont je n'ai pas encore fait état, et que l'on éviterait en grande partie sinon en totalité, par l'emploi des méthodes que j'ai indiquées.

Voici un aperçu des vitesses moyennes entre deux arrêts. Cette vitesse est toujours très faible, cela tient à l'importance excessive de la durée du démarrage et du freinage.

	MADELEINE-AUTEUIL		MUETTE-TAITBOUT	PASSY-HOTEL-DE-VILLE	LOUVRE-COURS-DE-VINCENNES
	km	km	km	km	km
	7,7 (Haussmann)	9,2	12,8 (Victor-Hugo)	11,4	8,8
	9,8	10,0	12,6	9,8	3,2
	9,0	11,0	17,0	12,6	7,9
	11,8	11,2	9,6	12,5	8,4
	11,6	13,5	8,4	TROCADÉRO	12,1
	13,4 (Kléber)	13,2	11,4	15,6	SÉBASTOPOL
	13,0	12,8	13,4	11,9	14,6
	15,2	5,6	ÉTOILE	INVALIDES	9,8
	8,0	»	15,4 (Haussmann-Friedland)	11,6	9,7 (Boulevard Voltaire)
	10,5	11,5	12,5	11,9	15,5
	12,2	11,2	5,5	15,9	6,0
	9,8 (Passy)	10,2	17,3	11,3	17,0
	7,1	8,5	13,0	15,4	10,6
			8,3		17,1
			Le reste		9,3
			trop encombré.		16,3
					9,7
					11,6
					14,8 (Avenue de Vincennes)
					13,8
					6,5
Vitesses moyennes, arrêts déduits.	10,1	10,4	13,1	12,9	11,3
Arrêts compris. .	6,8	7,4	10,1	8,8	7,6

Programme d'action :

La Compagnie des Omnibus n'a pas fait en pure perte les grosses dépenses que comportent la traction à air comprimé et la traction par accumulateurs. Ces automobiles pourront toujours servir sur les lignes à long parcours, dans des quartiers peu denses ou même sur des tronçons suburbains, ce que faciliterait une entente entre toutes les Compagnies de tramways de Paris.

Mais dans les quartiers denses et partout où l'on voudra et pourra récolter le piéton à faible parcours, il faut renoncer aux anciens errements. Il faut supprimer les impériales, les bureaux de correspondance, les appels de numéros, les trains de plusieurs voitures. Il faut de petites voitures très légères, très fréquentes, avec une très grande force motrice et un puissant freinage (ce qui implique nécessairement la traction électrique sans accumulateurs). Si les terminus ne peuvent être remaniés pour accélérer le retour, on reviendra aux voitures à deux plates-formes marchant indifféremment dans les deux sens, sauf à interdire au public la plate-forme d'avant si le Conseil d'hygiène s'en mêle; du moins pourra-t-on vestibuler les plates-formes et canaliser la sortie par l'avant, l'entrée par l'arrière. Quant à l'éclairage abondant, la nécessité en est trop évidente pour m'étendre sur ce sujet.

La Compagnie des Omnibus possède pour une trentaine de millions de francs de chevaux, voitures, harnais, etc., dont une certaine partie deviendra disponible par la suppression de la traction animale sur les tramways. Sa situation est excellente pour une augmentation de capital, comme les Tramways-Sud qui l'ont porté de 8 à 30 millions pour la traction électrique. Le capital (au pair) de la Compagnie des Omnibus est de 17 millions, et elle a une dette (obligations ou créditeurs) de 66 millions.

Un programme complet de remaniement des tramways peut représenter actuellement une trentaine de millions, dont une dizaine à trouver sur des reventes, et une vingtaine à prendre sur une émission d'actions, avec la forte prime que justifient même les très bas cours actuels. Le capital nominal serait ainsi porté de 17 à 25 millions, et l'État autoriserait alors de nouvelles émissions d'obligations lorsqu'il y aurait lieu.

Si la Compagnie veut entrer dans cette voie, si elle peut négocier sur ces bases avec la Ville, nul doute que d'ici peu la même transformation que la Ville a permise à d'autres ne se fasse sur tous les autres tramways, en profitant des leçons de l'expérience, non seulement des tramways de pénétration et du Métropolitain, mais encore et surtout des leçons des grandes villes de l'étranger.

Expérience de New-York.

La vitesse moyenne a été augmentée dans le rapport suivant :

$$\frac{\text{Traction par chevaux}}{\text{Traction électrique}} = \frac{3 \text{ heures}}{2 \text{ heures}}.$$

La capacité de transport, dans le rapport :

$$\frac{\text{Chevaux}}{\text{Electriques}} = \frac{16 \text{ à } 20 \text{ places assises}}{30 \text{ à } 50 \text{ places assises}}.$$

Le bénéfice net (excédent de la recette brute sur les frais d'exploitation) est devenu :

$$\frac{\text{Chevaux}}{\text{Electriques}} = \frac{0{,}22\, f \text{ par voiture-kilomètre}}{0{,}62\, f \text{ par voiture-kilomètre}}.$$

Non seulement on remplace les chevaux, mais encore on va passer toute la traction funiculaire par profits et pertes, car sa recette brute par voiture-kilomètre a diminué de 5 0/0 en deux ans, tandis que pour la traction électrique il y a augmentation de 8,5 0/0.

Aussi, la traction électrique est passée :

De 11 300 000 de voitures-kilomètres en 1898 }
A 40 000 000 de voitures-kilomètres en 1900 } 30 juin

A New-York comme à Paris, il fallait lutter contre la concurrence de moyens de transport plus rapides, et l'augmentation de vitesse a eu pour résultat de tripler le produit net par voiture-kilomètre, à cause de l'augmentation de confortable donnée à la clientèle.

CHEMINS DE FER A VOIE NORMALE

1° La Ceinture.

Il faudrait en réformer complètement l'exploitation. Les gares sont beaucoup trop éloignées l'une de l'autre. La vitesse moyenne y est de 21 *km* à l'heure. Il y a 26 stations pour 32 *km*, soit 1 230 *m* par station. Or, avec une moyenne d'un arrêt tous les 500 *m*, la traction électrique permettrait de réaliser une vitesse moyenne de 25 *km* sur les voies de chemin de fer, lorsque la manie de la règlementation ne s'y oppose pas.

Un tour complet prend actuellement 92 minutes. La moyenne des arrêts y est à peu près de 42 secondes. Elle devrait des-

cendre à 6 ou 8 secondes, comme à New-York, où les arrêts sont fréquemment de 3 secondes seulement, et rarement de 10 secondes. Pour cela, il faut des voitures-couloirs à plates-formes, le public entrant par la plate-forme d'arrière, sortant par celle d'avant. Au lieu de nos innombrables portières à fermer, une simple grille à chaque plate-forme, et un homme de service entre deux wagons (deux plates-formes juxtaposées) commandent l'ouverture et la fermeture de la grille et le mouvement du public à chaque station. Il ne faut pas mettre plus de quatre à cinq longues voitures par train, sinon la durée de l'arrêt sera plus longue. De petits trains rapides et fréquents permettent de réduire cette durée, en empêchant la foule de s'agglomérer.

Si on remplaçait la voie du chemin de fer par une plate-forme roulante, à quatre vitesses, donnant 24 *km* de vitesse moyenne, elle évacuerait largement tout ce que les guichets de la gare et ses escaliers peuvent débiter de voyageurs.

Si l'on modifiait l'exploitation, la forme des voitures, la longueur et le nombre des trains, on pourrait gagner 34 secondes par arrêt, soit 14 m. 44 s. sur les 92 minutes du trajet actuel. Les trains électriques de quatre voitures démarrent en 10 à 12 secondes, au lieu d'une trentaine de secondes actuellement ; si l'on fait le calcul des espaces parcourus par démarrage, on trouve une économie de 9 secondes par démarrage due à une plus grande accélération, soit, pour 26 stations, une économie possible de 4 minutes.

Enfin le freinage d'un train court se fait en 7 à 8 secondes contre 15 secondes pour un grand train lourd. Économie de 4 secondes sur les espaces parcourus, soit 1 minute 2/3. Le total de ces économies ramènerait la durée moyenne à 71 minutes 1/2, économisant 20 minutes 1/2 sur un tour complet Enfin, avec des trains fréquents, le voyageur économiserait en moyenne la moitié du temps qu'il perd actuellement à attendre le train.

Actuellement, fréquence moyenne. . .	10 à 15 minutes.
A réaliser : fréquence moyenne. . . .	2 minutes.
Économie moyenne du voyageur . . .	5 à 6 minutes.

Si l'on admet qu'un voyageur fasse en moyenne un parcours de 6 *km* sur la ceinture en . . . . 17 minutes.
plus une attente moyenne au départ de . . . 6 —

Soit. . . . . 23 minutes.

Il résaliserait ce parcours en	13 m. 12 s.
Attente moyenne	1 —
Total.	14 m. 12 s.

soit une augmentation de vitesse utile pratiquement de 38 0/0.

Ces 9 minutes gagnées auraient pour effet d'étendre de 800 à 1 000 *m* la zone d'influence de chaque station, au point de vue de l'attraction qu'elles exercent sur le public, par rapport à la concurrence des autres moyens de transport. Cette zone correspond sensiblement, à Paris, à 20 0/0 du total de la population parisienne, soit 500 000 habitants.

2° Paris-Auteuil.

Les démarrages prennent en moyenne 36 secondes d'après mes comptages, et les freinages 14 secondes.

La durée moyenne d'un arrêt est de 42 secondes lorsqu'il n'y a pas foule. Voici les arrêts entre Auteuil et Saint-Lazare, un jour où il y avait peu de monde, 4 heures après-midi :

45, 35, 31, 57, 37, 47 secondes.

Moyenne : 42 secondes.

Voici les vitesses moyennes entre deux stations, arrêts non compris :

23,5, 33,5, 27,5, 32, 29,3, 28,7 *km*

Moyenne : 29,5 *km*

Cette vitesse est considérable si on la compare au Métropolitain. Un train de chemin de fer, qui a le temps de démarrer, atteint des vitesses de 40 à 50 *km*, mais il ne peut les utiliser que si les stations sont assez éloignées les unes des autres, ce qui est un non-sens en service urbain.

Voici les distances des stations :

750, 840, 1 000, 1 350, 1 300, 1 500 *m*

Total : 6 740 *m*

Moyenne de distance entre deux stations.	1 123 *m*
tandis que sur le Métropolitain.	588
et sur les tramways, environ	300

La durée du trajet, depuis Passy, a été de 17 m. 13 s., don-

nant une vitesse moyenne, arrêts compris, de 23,5 *km*, ce qui est loin d'atteindre ce que l'on pourrait réaliser avec des stations aussi éloignées les unes des autres.

On peut exiger avec la traction électrique :

Des démarrages en.	12 à 15	secondes.
Des freinages en	5 à 6	—
Des arrêts de	8 à 10	—

ce qui donnerait 12 m. 26 s. pour un trajet actuel de 17 m. 13 s. et une vitesse moyenne, arrêts compris, de 32,7 *km*, contre 23,5 *km* actuellement. La vitesse actuelle est celle qu'on devrait réaliser en doublant le nombre des stations.

C'est surtout sur la durée des arrêts qu'il y aurait à économiser, car actuellement, ramenée à 1 heure de parcours, cette durée est de 14 minutes d'arrêt par heure, alors qu'on ne devrait pas y consacrer plus de 3 minutes 1/2 à 4 minutes.

Mais les critiques ci-dessus ne visent que le côté matériel de ce chemin de fer. Le côté esthétique présente aussi un gros intérêt quand il s'agit d'attirer la clientèle vers ce moyen de transport barbare, où l'on est assourdi par les sifflets incessants, aigus, noirci par la fumée, exposé en été à des chaleurs intolérables et, en hiver, au continuel mouvement d'ouverture et de fermeture des portières.

Quant à l'éclairage outrageusement insuffisant des voitures, inutile d'insister.

Démarrages.

J'ai insisté sur cette question lorsqu'elle s'est présentée ci-dessus.

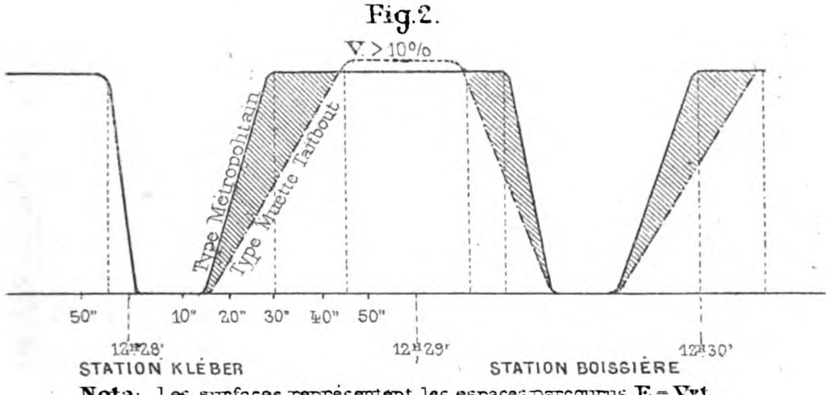
Voici, sous une forme graphique, la mise en évidence de la gravité de cette question dans les transports urbains *(fig. 2)*.

La courbe suivante (trait plein) montre la marche du Métropolitain (approximativement). La vitesse maximum peut valoir 25 *km*.

La courbe en trait ponctué montre ce que produirait le Métropolitain s'il démarrait et freinait comme les tramways à air comprimé. Les espaces parcourus était représentés par la surface des courbes, les portions hachurées montrent ce que ferait perdre un mauvais démarrage et un mauvais freinage.

Enfin, la courbe en points ronds montre ce que l'on gagnerait en espaces parcourus en augmentant la vitesse maximum de 10 0/0. Le bénéfice est très minime et beaucoup moins important que celui d'un bon démarrage et freinage.

Fig. 2.

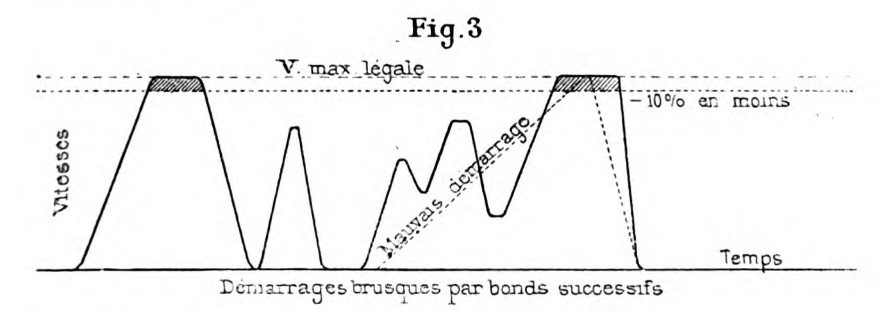


Nota : Les surfaces représentent les espaces parcourus E = Vxt.

Mais comme les arrêts d'un tramway sont moitié plus rapprochés que ceux du Métropolitain, l'importance de la vitesse maximum s'efface presque complètement.

Voici ce que serait la courbe d'un tramway procédant par bonds successifs *(fig. 3)*.

Fig. 3



Démarrages brusques par bonds successifs

On voit quelle faible importance (portions hachurées) aurait une réglementation de la vitesse maximum en plus ou en moins de celle pratiquée actuellement.

Au contraire, la courbe pointillée représente un mauvais démarrage et mauvais freinage.

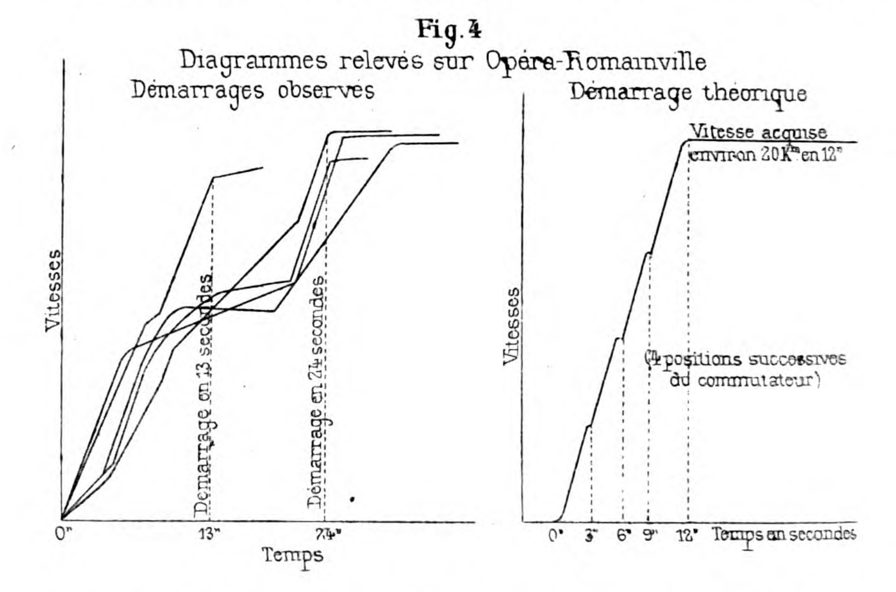
Et comme les surfaces représentent les espaces parcourus, il aurait été parcouru, sur la figure, à peu près moitié moins de chemin, dans le même temps, par une automobile munie d'un

moteur démarrant moins vite, bien que la même vitesse maximum fût autorisée (mais n'a pu être utilisée).

La courbe suivante *(fig. 4)* montre l'effort fait sur la ligne

Fig. 4

Diagrammes relevés sur Opéra-Romainville

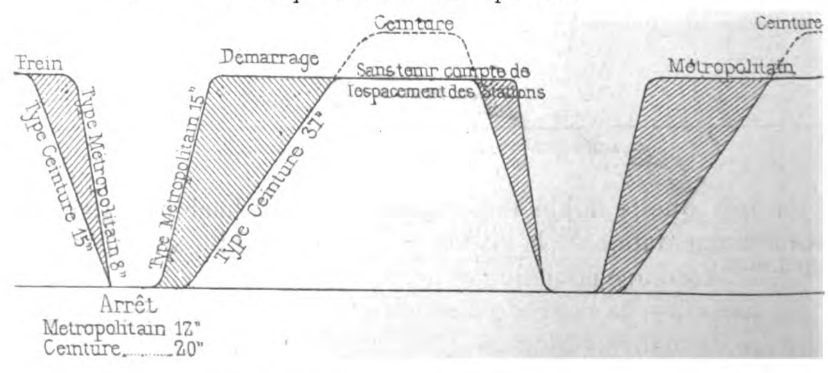


Opéra-Romainville, pour se rapprocher du maximum d'effet utile. Mais les cochers ne manœuvrent pas encore leurs commutateurs comme il le faut.

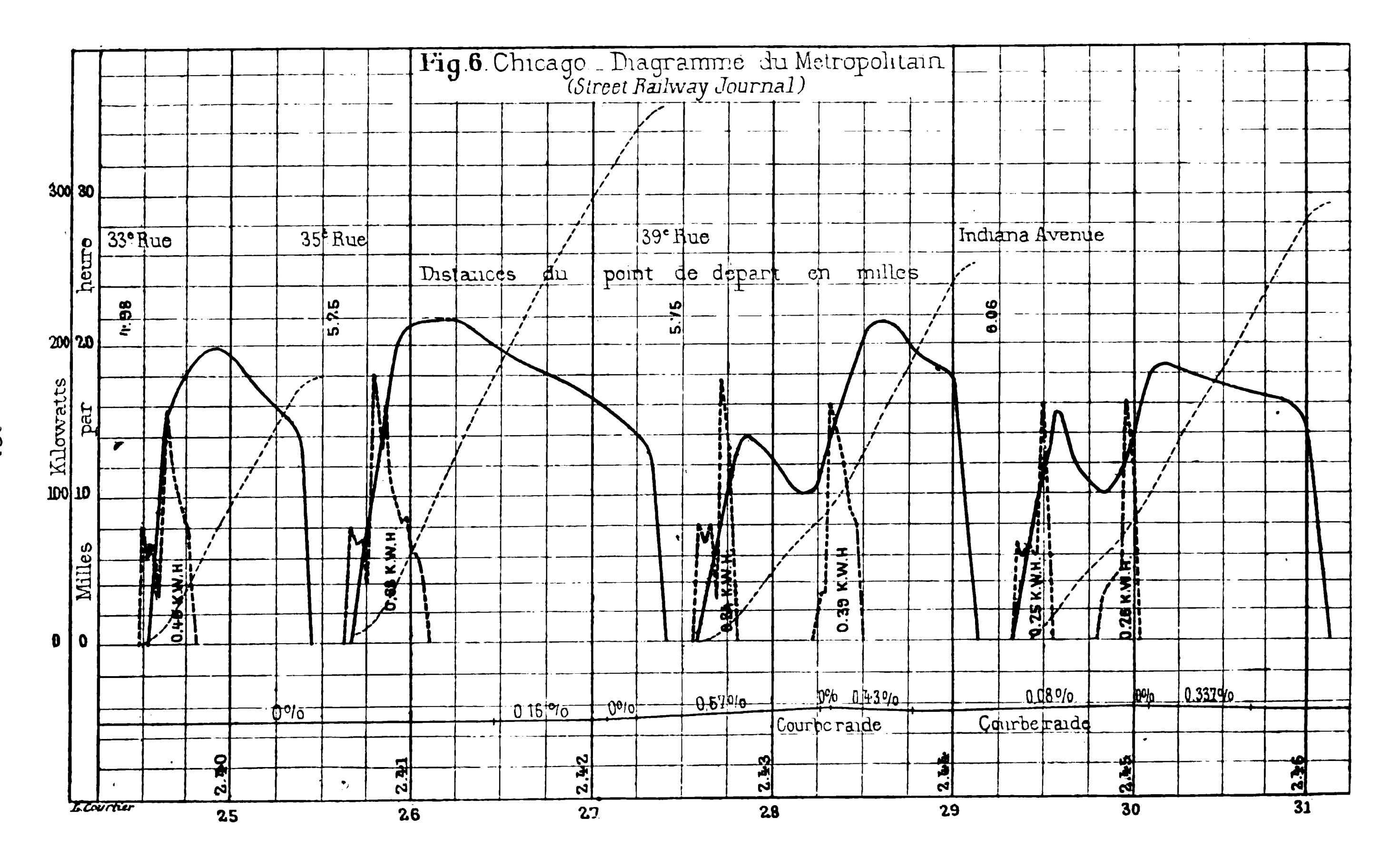
Fig. 5.

Diagramme _ Ceinture Métropolitain comparés

Les hachures montrent l'espace parcouru que fait gagner, à chaque arrêt, la meilleure exploitation du Métropolitain



Enfin, voici *(fig. 5)* une comparaison graphique entre un arrêt et départ du Métropolitain et celui du chemin de fer de Cein-


Fig. 6. Chicago. Diagramme du Metropolitain
(Street Railway Journal)
Kilowatts
Milles par heure
0
100
200
300
0
10
20
30
33e Rue
35e Rue
39e Rue
Indiana Avenue
Distances du point de départ en milles
4.98
5.75
5.75
6.06
0.45 K.W.H
0.88 K.W.H
0.84 K.W.H
0.39 K.W.H
0.25 K.W.H
0.26 K.W.H
0%
0.16%
0%
0.57%
0%
0.43%
0.08%
0%
0.337%
Courbe raide
Courbe raide
2.40
2.41
2.42
2.43
2.44
2.45
2.46
25
26
27
28
29
30
31
L. Courtier

ture, montrant l'espace parcouru perdu à chaque démarrage, donnant une avance au Métropolitain, ce qui lui permet de réaliser presque la même vitesse moyenne, avec beaucoup plus de stations et une vitesse maximum beaucoup plus faible.

Enfin *(fig. 6)*, je reproduis plus loin des courbes de démarrage à Chicago. Le système qui y a été reconnu le meilleur consiste à démarrer le plus énergiquement possible pour atteindre la vitesse maximum le plus tôt possible, puis, dès ce moment, on coupe le courant électrique. La voiture lancée continue à bonne vitesse, mais comme les stations sont rapprochées, elle n'a pas le temps de profiter de sa vitesse maximum et, d'un seul coup de frein, on la ramène à l'arrêt en 5 à 6 secondes. La voiture était une longue voiture métropolitaine de 60 places assises, et ne consommait en moyenne que 500 watts-heure par démarrage, c'est-à-dire par parcours entre deux stations (environ 600 *m* en moyenne).

Amélioration du service des fiacres.

La Compagnie l'Urbaine a fait de mauvaises affaires. La Compagnie des Petites Voitures n'en fait pas de brillantes. Voici ses bénéfices nets annuels :

1895	1 956 000 *f*
1896	1 625 000
1897	1 974 000
1898	882 000
1899	401 000

Cette Compagnie est étranglée entre les exigences de l'État et de la Ville, qui l'écrasent d'impôts, et les grèves incessantes.

Comme ni l'État, ni la Ville, ni les cochers ne réduiront vraisemblablement leurs exigences, l'industrie des fiacres parait être appelée à une transformation radicale.

Les automobiles ne donneront pas une grande économie. En l'état actuel de la question, voici ce que coûte une journée d'automobile, d'après M. Forestier :

1° Frais sensiblement communs à tous systèmes de traction, frais généraux, impôts, loyers, réparations, graissage, intérêt et

amortissement à 10 0/0 et salaires des cochers et palefreniers, etc.	14,50 *f*
2° Entretien des accumulateurs électriques. .	4 à 5 *f*
3° Énergie électrique à 0,12 *f* le kilowatt-heure.	1 à 1,50 *f*
Total. . . . . de	19,50 à 21 *f*

Il ne saurait être question de moteurs à pétrole et essence dans Paris, tant que les droits actuels de douane et d'octroi seront maintenus. Le prix de revient par journée serait notablement plus élevé.

Il est possible à une grande Compagnie, comme celle des Petites Voitures, de réduire les frais généraux ci-dessus dans une faible proportion. Le plus gros avantage des fiacres électriques sera de modifier totalement le système de paiement des cochers qui, au lieu de la « moyenne », pourront être payés proportionnellement au travail produit. Il suffira, pour cela, que la Compagnie vende au cocher l'énergie électrique à un prix qui la paie de ses frais.

Les automobiles actuelles portent en elles 45 *km* utiles. Le cocher qui n'aura pas employé un jour tous ces kilomètres les retrouvera le lendemain, tandis qu'avec la « moyenne », il doit la payer, si faible soit son parcours utile. Le fiacre électrique permet donc le système de la participation aux bénéfices sous une forme beaucoup plus approchée de l'idéal.

Les tarifs de fiacres ne pourront être abaissés. Ils devront plutôt augmenter. Car, bien qu'un fiacre électrique emporte 45 *km* **utiles** pour un prix de revient de 19,50 *f* à 21 *f*, ce qui met le kilomètre électrique bien moins cher que le kilomètre-cheval, ce n'est point là ce qui décidera de l'emploi du fiacre électrique. Regardons Londres et New-York ; le fiacre n'y sert guère pour les grandes distances, pour lesquelles on préfère le rail plus rapide et moins cher. Le fiacre, pour vivre, doit faire concurrence au rail en prenant le voyageur à sa porte. A mesure que l'emploi du rail se perfectionne, devient plus intense, et couvre plus de rues, le fiacre devient moins utile. Il ne suffit plus au fiacre de rester en station à attendre le client. La « maraude » devient une nécessité, et l'on y perd une bonne partie de ses 45 *km* utiles, que le cocher achètera à sa Compagnie sous forme de kilowatts.

La supériorité de ces 45 *km*, par rapport aux fiacres à che-

vaux, n'est donc pas énorme, puisqu'on n'aura jamais à conduire de voyageurs pendant un grand nombre de kilomètres.

La vitesse, du moins, permettra-t-elle de concurrencer le rail? Voici les expériences du dernier concours d'automobiles dans Paris, en 1899 (d'après M. Forestier) :

	Vitesse minima dans les rues encombrées.	Vitesse maxima dans les rues désertes		Moyenne générale.
		en rampe.	en palier.	
	km	km	km	km
Jenatzy	10,30	13,80	16,23	13,30
Cab Jeantaud. . . .	12,70	13,81	17,00	15,36
Drojky Jeantaud . .	12,96	15,76	18,86	16,03
Automobile Krieger.	13,14	18,82	22,73	16,09

La Préfecture de Police n'autorise qu'un maximum de 20 *km* à l'heure de vitesse absolue.

Comparons avec les vitesses moyennes, *arrêts compris*, de :

Paris-Auteuil	23,5 *km*
Ceinture	17 à 23 *km*
Métropolitain	21 *km*
Charenton-Bastille	12,1
Place de la République-Porte de Romainville.	13,8

A Chicago, la South Side Elevated C°, qui est à rapprocher de notre Métropolitain, réalise une vitesse moyenne, arrêts compris, de 21 1/2 *km* à l'heure.

J'admets que la concurrence du Métropolitain va forcer les tramways à réaliser des progrès, et que la vitesse de 13 à 15 *km* deviendra la moyenne pour les tramways, comme c'est le cas sur les voies les plus encombrées d'Amérique. Dans ces conditions, le fiacre, avec ses 13 à 16 *km* de vitesse moyenne, n'offrira au voyageur, comme temps gagné, que la perte pour aller à pied à une station et y attendre, ce dernier élément devant être bien diminué lorsque les Compagnies de tramways voudront bien augmenter la fréquence.

Voici donc le fiacre, en présence de transports de plus en plus rapides et commodes, sans que le prix de revient de la journée du fiacre ait baissé. Sa clientèle va forcément diminuer et se réduira à la clientèle de luxe, qui pourra alors payer des tarifs plus élevés, comme c'est le cas à New-York. Le tarif au kilo-

mètre, ou au quart d'heure, s'impose, et il réalisera une augmentation de recette brute par journée de voiture. Le tarif de l'heure devra être augmenté. Le nombre de fiacres en circulation devra être réduit à mesure que les transports sur rail s'amélioreront, sous peine de voir les cochers mourir de faim ou faire des grèves.

Comme conséquence, les rues deviendront beaucoup moins encombrées, tant par la réduction du nombre des fiacres, que par la suppression des chevaux, qui occupent une place inutile sur la chaussée.

Les tramways y gagneront, et pourront encore augmenter leur vitesse moyenne à la grande satisfaction des petites bourses qui ne prennent actuellement le fiacre qu'à cause de la lenteur excessive des tramways à chevaux et à bureau de correspondance.

A l'appui de ceci, je dirai que j'ai fait deux voyages de six semaines aux États-Unis et au Canada, j'ai visité une vingtaine de villes, je suis allé un nombre considérable de fois de l'hôtel à la gare ou aux bateaux et vice versa, et je n'ai pris pendant ces séjours qu'un seul fiacre. J'ai trouvé plus rapide et plus commode, tout le reste du temps, de me servir des petits tramways électriques.

BATEAUX PARISIENS

Si l'on considère qu'ils marchent à une vitesse moyenne de 17 *km* à l'heure, au tarif moyen de 0,13 *f*, qu'ils peuvent enlever 200 à 300 personnes en une fois, qu'ils se succèdent souvent à cinq minutes d'intervalle, on peut dire que le service sur la Seine comporte peu de perfectionnements. Le démarrage pourra être un peu accéléré par l'emploi de machines plus puissantes, mais la vitesse étant déjà de 17 *km*, il y aura peu à gagner. L'encombrement de la Seine, qui ira en augmentant, réduira plutôt le service des bateaux, les collisions ayant une autre gravité que celles des véhicules dans les rues.

Remarquons ici que cette grande artère de transports n'empêche pas l'existence des nombreuses lignes de tramways et de chemins de fer parallèles, et qu'elle est elle-même parallèle et voisine du Métropolitain, chaque artère parallèle répondant à des besoins différents.

Pratiquement, le Parisien donnera rarement la préférence à un moyen de transport exigeant une marche à pied supplémentaire de 500 à 600 *m*, soit de 6 à 7 minutes de marche. On ne veut plus perdre même 5 minutes. Ce qui explique la possibilité d'avoir quelquefois une dizaine de lignes parallèles, dans un espace large de moins de 2 *km*, comme entre la rue de Rivoli et le boulevard Saint-Germain.

CONCLUSIONS

Les améliorations à réaliser sont considérables sur le réseau de tramways appartenant à la Compagnie des Omnibus. Elle devra s'inspirer de l'esprit qui a dicté l'exploitation de lignes telles que Romainville ou Charenton, en puisant dans les méthodes du Métropolitain. En raison même de l'énorme champ d'action qu'a la Compagnie des Omnibus dans le domaine des améliorations, la situation matérielle de la Compagnie comporte donc une forte amélioration probable dans l'avenir.

Il y a moins d'améliorations à réaliser sur les Tramways-Sud, qui suppriment déjà leurs derniers chevaux, bien qu'ils n'aient point encore atteint le but; mais l'ouverture successive de nouveaux tronçons du Métropolitain sera le coup de fouet d'une concurrence salutaire.

Quant au Métropolitain, il a atteint du premier coup son maximum, et il lui reste bien peu de chose à faire comme vitesse; la fréquence et la capacité de transport devraient être augmentées, mais les règlements de police s'y opposeront.

Le chemin de fer de Ceinture ne rend en rien les services qu'il pourrait. Il lui faut une transformation radicale, augmentation du nombre des stations, suppression de la fumée, du bruit, augmentation de fréquence.

Les fiacres doivent céder le pas aux petits tramways, fréquents et rapides, et devenir un transport de luxe.

Les bateaux ne comportent plus grande amélioration.

Enfin, il reste un grand nombre de rues, avenues, boulevards assez larges pour avoir des tramways, et qui sont encore déshonorés par de lourds omnibus bruyants et odorants. Il faudra concéder de nouvelles lignes en se gardant bien de les écraser de charges, et de les ruiner d'avance comme cette malheureuse industrie des fiacres.

Si la Ville de Paris veut s'offrir le luxe de la traction par

caniveau souterrain (comme dans l'avenue Marceau) il faut qu'elle se décide à donner des concessions de 40 ans, sinon elle ne peut espérer que le fil de trolley, qui est d'ailleurs infiniment plus acceptable que les automobiles Serpollet ou autres, et que ces énormes trains de quatre voitures à air comprimé qui s'ébattent sous la colonnade du Louvre et l'arc de triomphe de l'Étoile.

La Ville Lumière, qui vient de remporter un grand triomphe dans le Monde avec l'Exposition, doit avoir honte des critiques si justifiées que lui ont prodiguées l'unanimité des journaux étrangers, pour ses moyens de transport antédiluviens, car il ne suffit pas de se glorifier des 10 *km* du Métropolitain quand on devrait rougir des 500 ou 600 *km* de parcours à chevaux (omnibus et tramways) où seuls les Chinois verraient à approuver le triomphe du mandarinat et le culte du passé.

LES MOTEURS

AUTRES QUE CEUX A VAPEUR

A L'EXPOSITION DE 1900

PAR

M. G. LEROUX

Au Champ-de-Mars, les moteurs marchant au gaz d'éclairage étaient seuls autorisés; les moteurs à gaz pauvre ou à pétrole ne pouvaient y tourner et leurs constructeurs ont dû reporter à Vincennes ceux qu'ils désiraient faire fonctionner.

C'est donc dans cette annexe que se trouvaient la plupart des moteurs à pétrole et à essences diverses, ainsi que les moteurs à gaz pauvre avec leurs gazogènes de divers systèmes.

Moteurs à gaz d'éclairage.

Tous ces moteurs, quels que soient le gaz ou la nature du pétrole employé, fonctionnent tous d'après le cycle à quatre temps de Beau de Rochas, à l'exception, toutefois, du petit moteur Bisschop, exposé par la maison Rouart, qui fonctionne à deux temps sans compression.

Voyons donc d'abord les moteurs à gaz d'éclairage de 5300 calories environ, et nous indiquerons ensuite les modifications qu'il a fallu apporter à ce moteur type pour utiliser d'autres combustibles.

Compression. — Pour le gaz d'éclairage, la compression du mélange gazeux a eu plutôt une tendance à augmenter, et tous les constructeurs tendent à dépasser la compression de 2 à 2 1/2 *kg* faite sur les premiers moteurs Otto pour atteindre les pressions de 5 et 5 1/2 *kg* qui caractérisent les moteurs Charon.

Il en résulte que la pression à fin d'explosion est passée de 14 à 22 ou 23 *kg*, au grand profit de la dépense de gaz par cheval-heure, qui est couramment de 500 *l* à pleine charge.

Le seul inconvénient de cette forte compression est d'entrainer une dépense de gaz plus élevée à charge réduite ou à vide.

Distributeurs. — Comme appareil distributeur, le tiroir est unanimement écarté. Soupapes d'admission ou d'échappement sont partout adoptées; les dernières toujours commandées par cames, les premières pouvant être automatiques.

Allumage. — L'ancien allumage par transport de flamme du moteur Otto n'existe plus que sur le moteur vertical Kœrting-Lieckfeld contruit par notre Collègue, M. Brulé. Mais là encore le tiroir transporteur de flamme est supprimé et l'allumeur spécial est une soupape à conduit central mue par came.

Donc, d'une façon générale, l'allumage est électrique ou par tube incandescent.

Ce dernier système paraît être surtout adopté avec le gaz d'éclairage pour les moteurs de force moyenne et pour les moteurs à pétrole lampant.

L'allumage électrique semble, au contraire avoir la préférence pour le moteur à gaz pauvre ou à essence et pour les moteurs de grande puissance.

Mais il n'y a pas de règle générale adoptée à cet égard, chaque constructeur ayant ses idées personnelles sur ce point; certains d'entre eux établissent même indifféremment des moteurs avec l'un ou l'autre de ces systèmes d'allumage.

Les tubes incandescents sont le plus souvent en porcelaine. On rencontre toutefois des tubes métalliques, certains à base de nickel, comme sur les moteurs Tangye et Crossley.

Pour l'allumage électrique, divers systèmes sont en présence : la pile électrique d'abord, l'étincelle étant produite entre deux fils métalliques placés dans la chambre de combustion par la fermeture du circuit au moyen d'un organe en mouvement du moteur ; on trouve également la bobine de Ruhmkorff, l'étincelle du courant secondaire résultant de la suppression du courant primaire; ce dernier provenant d'une pile ou d'un accumulateur.

Enfin, certains moteurs actionnent une magnéto pour produire le courant, avec adjonction soit d'une bobine, soit d'un simple commutateur pour déterminer l'étincelle.

Régulateurs. — Les régulateurs sont, le plus fréquemment, du type centrifuge, genre du régulateur à boules de Watt, uniquement employé pour les moteurs à vapeur.

Il y a cependant un certain nombre de moteurs où le régulateur est du type pendulaire, ou simplement basé sur l'emploi d'une lame flexible ; mais, à notre avis, ces systèmes de régu-

lateurs sont beaucoup moins sensibles et plus susceptibles d'être influencés par les trépidations de la machine.

Citons également le régulateur des moteurs Delamare-Deboutteville construits par la Société Cockerill et la maison Beer, de Liège, qui remplace le pendule, primitivement employé, par un piston à air agissant comme ressort.

La façon dont le régulateur agit sur le moteur est, en général, la caractéristique des divers moteurs.

Cette façon d'agir est le plus souvent celle dite du « *tout ou rien*, » c'est-à-dire qu'à l'accélération de la vitesse du moteur correspond la suppression de l'admission de gaz. Mais il y a là encore deux systèmes à distinguer : le premier est celui où la soupape d'admission de gaz est mue par came; dans ce cas, le régulateur agit sur cette came pour empêcher l'ouverture de cette soupape. Dans le deuxième cas, cette soupape est automatique et le régulateur agit pour maintenir ouverte la soupape d'échappement pendant la course d'aspiration, de telle sorte que la dépression ne se produisant plus dans le cylindre, la soupape d'admission de gaz reste fermée.

Dans le premier cas, les soupapes d'arrivée d'air et de gaz sont distinctes et, en cas de non-ouverture de la soupape à gaz, de l'air pur continue à être aspiré dans le cylindre; c'est le cas des moteurs Niel, Crossley et autres.

Dans le deuxième cas, les deux soupapes air et gaz sont souvent solidaires, et les gaz brûlés rentrent dans le cylindre pendant la course d'aspiration. Cette solidarité des deux soupapes air et gaz permet, en outre, de régler une fois pour toutes la proportion du mélange gazeux. Il en est ainsi, par exemple, dans les moteurs Japy et Noël, où la proportion de l'air réglable à la main devient constante après ce premier réglage.

Certains moteurs à gaz ayant un fonctionnement assez différent demandent une mention spéciale.

Dans le *moteur Körting*, la composition du mélange gazeux est constante, mais le régulateur agit pendant l'aspiration, sur une valve d'introduction, qui par *laminage* réduit la quantité de mélange aspiré à chaque course correspondante.

Cette distribution a donc des analogies avec celle d'un moteur à vapeur où le régulateur agit sur la valve d'admission de vapeur. Il y a une explosion tous les deux tours, mais la compression varie et diminue dans le même sens que le travail à produire.

Une particularité est à signaler sur le *moteur Tangye.* Après plusieurs passages sans explosion, les conditions d'inflammation du mélange gazeux dans le cylindre seraient plus défavorables; aussi a-t-on prévu un dispositif automatique qui permet d'augmenter la richesse du mélange gazeux après un passage sans explosion.

En outre, une vis placée sur le tube à incandescence rend possible l'augmentation de la capacité de ce tube et permet ainsi de retarder l'allumage à la mise en route pour éviter des allumages prématurés,

Le *moteur Charon* fonctionne d'après le principe dit *de remisage*, principe issu de certaines considérations qu'il convient d'indiquer.

Il est bien certain qu'avec le fonctionnement par le « tout ou rien » la régularité d'un moteur exige des volants lourds.

Un moteur ayant une explosion tous les deux tours peut donc, à régularité égale, se contenter d'un volant plus léger.

D'autre part, si le volume de mélange gazeux admis égale celui du cylindre, au moment de la course de détente ce volume étant passé à une température bien supérieure, sa détente ne saurait être complète.

On a donc intérêt, au point de vue de la consommation de gaz, à ne comprimer dans le cylindre qu'un volume tel, qu'après détente et en tenant compte de son élévation de température, sa pression devienne voisine de la pression atmosphérique.

C'est ainsi que, sur le *moteur Champion*, la soupape d'échappement étant placée en un point intermédiaire de la course, il y a compression des produits brûlés à la fin de la course d'échappement et l'admission du gaz ne devient possible, dans la période suivante d'aspiration qu'après détente de ces produits et l'établissement d'une certaine dépression dans le cylindre. Le volume du mélange tonnant ne correspond donc qu'à une fraction du volume total du cylindre.

Moteur Charon.

Sur le *moteur Charon*, il est tenu compte, dans une mesure plus complète, des principes énoncés ci-dessus. Il y a admission du mélange tonnant tous les deux tours et, par suite, une course motrice également tous les deux tours. Mais tout le mélange aspiré n'est pas soumis à la compression. Le régulateur agit pendant le retour du piston pour maintenir ouverte la soupape d'ad-

mission du mélange pendant un temps variable avec la force demandée à la machine.

Tant que l'ouverture de cette soupape est maintenue, le mélange gazeux est refoulé par cette soupape dans un serpentin ouvert à air libre et de capacité égale au moins à celle du cylindre; ce serpentin servant d'arrivée d'air.

Le volume du mélange comprimé est donc variable avec la puissance de la machine; la richesse du mélange restant constante.

Au cycle suivant, le mélange remisé est aspiré avant ouverture de la soupape à gaz et, par suite, n'est pas perdu.

Même en pleine charge, il peut y avoir remisage de la quantité nécessaire pour assurer une détente complète des produits gazeux.

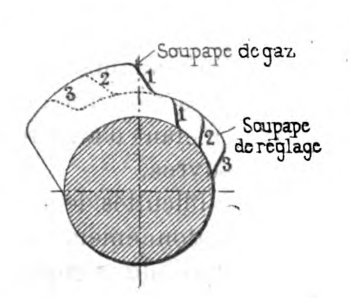
Moteur Letombe.

Dans le *moteur Letombe*, d'origine plus récente, des idées analogues ont été appliquées quoique d'une façon nouvelle.

Une soupape, dite de réglage, mue par came, agit directement par butée sur celle de gaz. Le mélange gazeux est alors admis dans une capacité intermédiaire avant de passer au cylindre par une deuxième soupape, dite d'admission, mue également par came. Ces deux soupapes agissent un peu comme une distribution Meyer, celle d'admission réglant le commencement de l'admission, celle de réglage la fin de cette admission. Celle d'admission est donc maintenue ouverte pendant toute la course d'aspiration. Il y a dépression très nette dans le cylindre et dans la capacité intermédiaire et, à la course suivante, il n'y a compression qu'après rétablissement de la pression normale, lorsque la soupape de réglage se ferme.

Cette soupape de réglage étant sous la dépendance d'un régulateur à boules par l'intermédiaire de cames de sections variables, on voit que la durée d'admission du mélange tonnant est indépendante de la course du piston et fonction seulement de la vitesse, c'est-à-dire du travail demandé au moteur. Or ces cames sont à deux étages, les crans inférieurs ayant une longueur croissant avec la vitesse de façon à augmenter la compression, puisqu'ils soulèvent seulement la soupape de réglage; les crans supérieurs variant en sens inverse, puisqu'ils commandent la soupape de gaz.

Il résulte de la commande même de la soupape d'arrivée de gaz que la richesse du mélange gazeux décroît avec le travail demandé et pour assurer l'allumage facile de ce mélange, on force la compression. C'est ce principe que l'inventeur appelle « *surcompression* ».



La suppression complète de l'admission de gaz n'est que fort rare, mais reste possible.

Nous verrons plus loin que le moteur Letombe fonctionne également à double effet dans des conditions particulières pour les grandes puissances.

Moteur Duplex.

Mais ce fonctionnement à double effet est réalisé même pour les moteurs de force moyenne par la Compagnie *Duplex*.

Le piston aspire le mélange gazeux dans la partie arrière du cylindre pendant la course totale, puis la soupape d'admission sur la face arrière restant ouverte pendant la demi-course de retour, la moitié du mélange gazeux est refoulée dans un conduit intermédiaire et sur la face avant du piston.

Après la fermeture de la soupape d'admission arrière, il y a compression du volume restant et le cycle se poursuit dans des conditions de détente complète.

Sur la face avant, il se produit d'abord une dépression, d'autant plus faible que le conduit intermédiaire est plus grand, puis la soupape d'admission avant se fermant à fin de course, la pression d'admission se rétablit par compression et le fonctionnement devient le même que sur la face arrière.

Il se produit donc ici une sorte de remisage du mélange gazeux de la face arrière à la face avant du cylindre. Quant au réglage, il est fait d'après le principe du « tout ou rien », grâce à un régulateur agissant sur la soupape de gaz.

Avec un moteur à double effet, le refroidissement du cylindre a une grande importance, aussi les fonds de cylindre sont-ils également à circulation d'eau.

Moteurs à grande puissance.

Ce qui ressort très nettement de l'examen des moteurs exposés, c'est la tendance très accusée de passer des moteurs de 40 et 60 *ch* à des moteurs de 100 à 900 *ch*. Les moteurs de cette puissance n'étant d'ailleurs économiquement utilisables qu'avec des gaz pauvres.

Là, les difficultés de construction ont été considérable en raison du fonctionnement même des moteurs à gaz, qui au moment de l'allumage développent brusquement des efforts énormes. On a donc d'abord tourné la difficulté en créant des moteurs puissants par le groupement de deux ou quatre cylindres de force relativement courante.

C'est ainsi que MM. Pierson créèrent leur type de 160 *ch* comprenant deux cylindres placés de chaque côté de l'arbre et dans le prolongement l'un de l'autre, type qui fonctionne au gaz pauvre avec grand succès dans plusieurs installations de tramways.

La Société des moteurs à gaz construit également un moteur Otto de 1 000 *ch* à quatre cylindres de 250 *ch* chacun placés parallèlement et actionnant deux par deux les manivelles d'un arbre portant un volant central.

Enfin on parvint à établir le moteur à cylindre unique de 900 *ch* que la Société Cockerill préconise pour l'emploi des gaz de hauts fourneaux et dont nons parlerons tout à l'heure.

Les moteurs de grande puissance sont le plus souvent horizontaux, le type vertical, à l'exception du moteur Diesel, convenant plutôt aux faibles forces.

Il est impossible d'indiquer en quelques lignes les perfectionnements mécaniques qui ont permis d'arriver à ce résultat, je signalerai seulement l'emploi de cylindres à fourreaux rapportés employés par plusieurs constructeurs, car de plus longs développements sortiraient du cadre de cette étude.

Moteur Letombe.

Mais il convient de signaler ici la solution très ingénieuse réalisée par le moteur Letombe pour obtenir des moteurs puissants sans exagérer les dimensions des cylindres et des pièces en mouvement.

Dans le moteur, dit mono-triplex de cet inventeur, qui peut atteindre la puissance de 500 *ch*, deux pistons sont en tandem, l'un fonctionnant à double effet dans le cylindre arrière, l'autre agissant dans un cylindre simple effet comme le moteur normal.

Tout se passe donc comme si l'on avait trois cylindres en tandem et, si l'on a soin de décaler les diverses phases du cycle de ces cylindres, on voit que l'on peut avoir trois courses motrices sur quatre avec les mêmes dimensions d'organes de transmission que pour un moteur à gaz de force trois fois moindre et cela au grand profit de la régularité de marche de la machine.

Les avantages réalisés par cette disposition, indiqués très nettement à l'Exposition par des graphiques comparatifs avec ceux d'un moteur à cylindre unique de même force sont: diminution de l'encombrement, diminution du poids du volant et des organes de transmission, augmentation de la régularité du moteur.

Dispositifs de mise en route.

Mais, en dehors des difficultés de construction, l'emploi de moteurs à gaz puissants présentait une difficulté d'un autre ordre, celle de la mise en marche de ces moteurs.

Nous connaissons tous cette difficulté, ainsi que le procédé bien primitif de démarrer à bras les moteurs à explosion.

Mais ce procédé, applicable pour de petites unités, est absolument inadmissible même à des puissances moyennes, et il a fallu avoir recours à des moyens de démarrages plus mécaniques.

Les solutions adoptées par les divers constructeurs sont très variées, quoique basées pour la plupart sur l'emploi de l'air comprimé. Nous allons essayer d'indiquer en quelques mots les plus intéressantes.

Signalons que, pour les moteurs mis en route à bras, certains constructeurs adoptent des dispositifs permettant soit de supprimer la compression, afin de réduire l'effort à développer, soit de retarder l'allumage dans le but d'éviter les accidents dus à des allumages intempestifs. C'est le cas, entre autres, du moteur Crossley, où l'allumage est réglé par une soupape spéciale.

Sur le moteur Dudbrige, la mise en route se fait à bras en plaçant la manivelle près du point mort avant et en tournant le volant en sens inverse du mouvement pour produire la compression qui déterminera l'allumage dans le tube incandescent.

Après explosion, le moteur part seul dans le sens normal, mais il est indispensable de caler la soupape d'échappement.

Ce procédé n'est d'ailleurs, applicable qu'à des moteurs de faible puissance.

Dans le moteur Campbell, un réservoir d'air comprimé est placé latéralement au moteur et se charge, soit avec une pompe à main, soit par le moteur même au moment de l'arrêt ; des robinets sont disposés en conséquence.

Le piston étant amené à bras dans sa position de démarrage et la soupape d'échappement disposée pour être soulevée tous les tours, on introduit dans le cylindre de l'air comprimé qui effectue la mise en marche, cet air agissant comme de la vapeur.

Des dispositifs analogues sont adoptés par les constructeurs des moteurs Otto et Charon, et avec un peu d'habitude le démarrage est fait très aisément.

La mise en route du moteur Crossley est un peu différente. Le cylindre porte à sa partie supérieure un clapet s'ouvrant de haut en bas relié par un tuyau à un réservoir intermédiaire communiquant avec une pompe à main.

On introduit le mélange gazeux dans le cylindre et le réservoir avec cette pompe à main, on place la manivelle dans la position de démarrage et l'on allume. L'augmentation de la pression se transmet au mélange gazeux du cylindre qui, refoulé dans le tube incandescent, prend feu et la mise en route est effectuée. Le clapet de communication est collé sur son siège par l'explosion et on en assure la fermeture par un écrou.

Le moteur Letombe a également recours à l'air comprimé pour le démarrage, avec cet avantage toutefois que, par le calage combiné des soupapes d'échappement des trois cylindres, on peut arrêter exactement le moteur dans la position voulue et éviter ainsi toute manœuvre à bras.

Moteurs à gaz Riché.

Le prix du gaz d'éclairage étant encore assez élevé, on s'est ingénié à faire fonctionner le moteur à explosion avec des gaz d'un prix de revient moins élevé, quoique ayant une puissance calorifique moindre.

Celui dont la puissance calorifique est la plus élevée, 3000 calories environ, est le gaz Riché que vous connaissez tous par la

communication si complète et si intéressante de nos Collègues MM. Manaut et Roman.

Un gazogène Riché fonctionne à l'annexe de Vincennes et alimente trois moteurs à gaz de faible puissance.

L'allumage de ce gaz étant assez facile, il n'exige pas d'augmentation de la compression, et comme, d'autre part, la proportion d'air nécessaire à la combustion de ce gaz est plus faible que pour le gaz d'éclairage, le volume du mélange gazeux à égalité de force reste sensiblement le même qu'avec le gaz d'éclairage, ce qui permet d'utiliser le gaz Riché dans des moteurs à gaz ordinaires sans aucune modification importante.

Moteurs à gaz pauvre.

Le gaz provenant de gazogènes à coke ou anthracite, communément appelé gaz pauvre et ayant une puissance calorifique de 1 300 calories en moyenne, est maintenant d'un emploi courant dans des moteurs à explosion moyennant quelques modifications.

Il existait à l'annexe de Vincennes plusieurs systèmes de gazogènes, les uns soufflés, d'autres fonctionnant par aspiration du moteur lui-même. Nous ne pouvons décrire les gazogènes qui sortent du cadre de notre étude.

Nous signalerons toutefois deux systèmes : le système Taylor, marchant par aspiration du moteur, et le système Gardies, soufflé par de l'air sous pression, comme ne nécessitant ni l'un ni l'autre l'emploi d'un gazogène, ce qui influe sensiblement sur le prix de la première installation.

Ces deux gazogènes alimentaient des moteurs Charon à l'Exposition de Vincennes.

Des moteurs Otto étaient alimentés par des gazogènes de divers systèmes, l'un d'entre eux du système Lencauchez.

La difficulté d'emploi du gaz pauvre dans les moteurs est due à son allumage difficile.

On a résolu la difficulté par l'emploi de l'allumage électrique et surtout par une augmentation de la compression qui est poussée jusqu'à 6 et 7 *kg* ; la pression après explosion ne paraît pas devoir dépasser 18 *kg*.

Cela conduit d'abord à réduire le volume des chambres de combustion ; puis, comme pour une même puissance, le volume du mélange gazeux passe de 1 à 1,6, il est indispensable d'augmen-

ter dans des proportions notables les appareils de distribution et les canalisations d'air et de gaz.

Je n'indique que pour mémoire la nécessité de disposer de gaz suffisamment dépouillés d'impuretés et de poussières pour ne pas encrasser les soupapes et ne pas rayer les cylindres, car les appareils de purification du gaz font partie non du moteur, mais du gazogène.

Le problème est d'ailleurs industriellement résolu, et pour ne citer que l'industrie qui m'intéresse plus spécialement, je puis indiquer des exploitations de tramways fonctionnant au gaz pauvre depuis plus de quatre ans dans d'excellentes conditions. Les tramways de Lausanne, en Suisse, notamment.

Gaz des hauts fourneaux.

Enfin, on est parvenu à faire marcher des moteurs avec des gaz de hauts fourneaux n'ayant qu'une puissance calorifique de 900 à 1 000 calories.

La solution n'est peut-être qu'à ses débuts, mais l'on peut affirmer que si les résultats de la pratique confirment ceux déjà obtenus, les conséquences seront considérables pour l'industrie métallurgique.

D'ailleurs, comme début, la Société Cockerill exposait une machine à cylindre unique système Delamare-Deboutteville de 700 *ch* au gaz des hauts fourneaux et de 1 000 au gaz d'éclairage, bien faite pour attirer l'attention au triple point de vue de la puissance, de l'emploi du gaz des hauts fourneaux et de son utilisation pour la commande d'une machine soufflante.

Il nous parait donc intéressant d'indiquer en quelques mots l'importance de la question et les difficultés qu'il a fallu surmonter.

Sans être métallurgiste, je ne crois pas me tromper en indiquant que par tonne de fonte la production de gaz d'un haut fourneau est de 4 500 m^3 environ à 900 ou 1 000 calories.

60 0/0 de ces gaz servent au chauffage de l'air, en y comprenant les pertes. Comme il faut d'autre part *4* m^3 de ce gaz pour produire 1 *ch*, on peut estimer à 20 *ch*. $= \frac{4\,500 \times 0,400}{24 \times 4}$ la force disponible par heure pour une production de 1 *t* de fonte en 24 heures.

Soit, pour un haut fourneau de 100 tonnes : 2 000 *ch*.

Or, comme jusqu'à ce jour on utilisait ces gaz en les brûlant sous des chaudières et qu'il fallait compter 22 m^3 de gaz par cheval, soit pour un fourneau de 100 *t* : 340 *ch*, on voit que la disponibilité se trouve augmentée de 2 000 — 340 = 1 660 *ch*.

Si ces chiffres ne sont pas absolus, l'écart est tel que l'intérêt de la question est évident.

Mais pour l'emploi des hauts fourneaux dans les moteurs a gaz il y avait à craindre :

1° *Un allumage difficile;* la solution paraît avoir été résolue comme pour le gaz pauvre en portant toutefois la compression jusqu'à 8 et 10 *kg*.

2° *Des dimensions de cylindres exagérées;* mais alors que les puissances calorifiques des gaz d'éclairage et de hauts fourneaux sont dans le rapport environ de 1 à 6, les volumes gazeux à égalité de force ne sont que dans le rapport de 1 à 2, et cela résulte de ce fait que la combustion d'un gaz d'éclairage exige environ six fois son volume d'air, soit par cheval-heure :

$$0{,}500 + 6 \times 0{,}500 = 3{,}500 \ m^3,$$

tandis que le gaz de haut fourneau ne demande que 0,80 de son volume d'air, soit pour 1 *ch* :

$$4{,}000 + 0{,}8 \times 4{,}000 = 7{,}208 \ m^3.$$

Le moteur exposé par la Société Cockerill a un diamètre de 1,300 *m* et une course de 1,400 *m*. Il tourne à 80 tours par minute; la vitesse moyenne du piston est donc de 3,733 *m*, et au moment de l'explosion, l'effort sur le piston, pour une pression de 15 *kg* par centimètre carré est de 199 085 *kg*, soit 200 000 *kg*.

3° *Usure du cylindre et encrassement des soupapes* par les impuretés et poussières des hauts fourneaux. C'est évidemment la difficulté pratique la plus sérieuse, mais il semble jusqu'à ce jour qu'avec des chambres de dépôt, des laveurs à coke et par une large section donnée aux canalisations et aux appareils de distribution, les craintes premières formulées à ce sujet sont écartées.

La Société Cockerill indique même que son moteur en marche depuis près d'une année utilise le gaz brut sortant des hauts fourneaux sans aucun inconvénient.

Mais je disais en outre, que le moteur exposé par la Société

Cockerill attirait l'attention par son utilisation à la commande d'un compresseur d'air; c'est qu'en effet le compresseur est essentiellement un appareil à marche lente, tandis que les conditions d'un bon rendement d'un moteur à gaz sont la marche rapide.

Nous avons vu que la vitesse du moteur avait été réduite à 80 tours; d'autre part, on a pu obtenir le fonctionnement satisfaisant du compresseur à cette allure grâce à l'emploi de clapets Corliss.

Une force de 500 à 550 *ch* a donné 500 m^3 d'air à l'heure sous une pression de 40 *cm* de mercure.

Le moteur est du type Delamare-Deboutteville déjà ancien.

Le tiroir d'admission est remplacé par des soupapes, et ce tiroir n'est maintenu que pour mettre en communication la chambre de combustion avec l'alvéole dans laquelle se produisent les étincelles électriques. Le fonctionnement du tiroir réduit à cet usage est admissible, puisque sa dimension est indépendante de la force du moteur. Quant au réglage, il est assuré par le régulateur à pression d'air que nous avons déjà indiqué.

La mise en marche est obtenue par l'introduction dans le cylindre de vapeur de benzine au moyen d'un carburateur et par la compression de cet air carburé par le piston actionné par un treuil.

La mise en feu du mélange, grâce à une combinaison mécanique, ne peut être réalisée qu'après désembrayage du treuil, et cela afin d'éviter les accidents à la suite d'un allumage prématuré.

Moteurs à essence et à pétrole.

A côté des moteurs à gaz, nous trouvons les moteurs à essences diverses et à pétrole lourd, et c'est dans cette voie que nous aurons à signaler des progrès notables et des résultats fort intéressants.

Tous ces moteurs fonctionnent avec de l'air carburé d'après le cycle à quatre temps de Beau de Rochas.

Les divers systèmes ne diffèrent donc entre eux que par des détails de construction, la nature de l'essence ou du pétrole utilisé, dont dépend le carburateur adopté et par les procédés de réglage de la machine.

Les procédés de mise en marche restent les mêmes que pour

les moteurs à gaz ; d'ailleurs, à ne considérer que les moteurs exposés, les puissances réalisées avec les moteurs à pétrole sont loin d'attendre celles obtenues avec les moteurs à gaz.

On ne parait pas, jusqu'ici, construire des moteurs à essence et à pétrole d'une force supérieure à 60 *ch*.

La compression reste inférieure à celle adoptée pour les moteurs à gaz.

Les soupapes sont, comme précédemment, adoptées d'une façon générale pour la distribution.

Quant à l'allumage, il est fait, soit par tube incandescent, soit par courant électrique, pour les moteurs à essence, à alcool, etc.

Il est presque généralement à tube incandescent pour les moteurs à pétrole lampant exigeant un carburateur chauffé ; le chauffage du carburateur étant assuré par un bec à pétrole après passage dans un gazéificateur approprié.

Carburation. — Le pétrole employé pour les moteurs suivant sa densité peut être réparti en quatre groupes :

Gazoline	$\delta = 0{,}650\text{-}645$
Essence de pétrole	$\delta = 0{,}750\text{-}680$

L'alcool et la benzine peuvent, comme mode d'emploi, rentrer dans cette catégorie.

Pétrole lampant	$\delta = 0{,}800$ à $0{,}820$
Pétrole lourd ou huile de schiste .	$\delta = 0{,}850$ à $0{,}900$

La gazoline ne parait pas employée dans l'industrie courante en raison de ses dangers d'inflammation et, à ma connaissance, il n'existe pas à l'Exposition de moteur utilisant ce produit.

L'essence de pétrole, la benzine et l'alcool peuvent carburer l'air et former mélange explosif par simple pulvérisation ou au moyen d'un carburateur quelconque non chauffé par flamme spéciale.

Pour faciliter la carburation, le réservoir à essence ou celui dans lequel le mélange se fait avec l'air peuvent être chauffés par l'eau ayant servi à la réfrigération du cylindre.

Lorsque, au contraire, on veut faire usage d'un combustible ayant une densité égale ou supérieure à 0,800, c'est-à-dire d'un combustible plus économique, il faut, soit après pulvérisation du pétrole, soit après dosage, le vaporiser. Le carburateur comporte alors une surface métallique chauffée par un brûleur à

pétrole pouvant servir également à porter au rouge le tube d'allumage. Sur le moteur Priestman, la vaporisation est faite à basse température par l'utilisation des gaz d'échappement.

A citer aussi le moteur Hornsby-Akroyd qui ne comporte pas de brûleur. C'est la compression du mélange carburé dans la chambre servant de carburateur qui détermine l'explosion.

Mais, pour éviter des allumages intempestifs, il a fallu constituer entre cette chambre et le cylindre une partie étranglée, refroidie comme le cylindre par un courant d'eau.

Réglage du moteur. — Le réglage des moteurs à pétrole est généralement assuré par les procédés propres à chaque système et déjà indiqués pour les moteurs à gaz. Mais, à ce premier réglage, vient le plus souvent s'ajouter un second réglage de la quantité de pétrole admis.

Il y a alors deux cas à distinguer : 1° le réservoir à pétrole est en contre-bas, constitué fréquemment par le socle même du moteur ; 2° ce réservoir est en charge soit directement, soit artificiellement par pression d'air.

Le premier cas est celui des moteurs Dudbrige, Grob, Blackstone, Otto, etc.

Une petite pompe mue mécaniquement introduit tous les deux tours dans le carburateur une quantité déterminée de pétrole et l'y pulvérise. Le régulateur peut agir, d'après le principe du « tout ou rien », simultanément sur l'admission de l'air carburé et sur la pompe de pulvérisation.

Sur le moteur à essence Duplex, type vertical, le combustible en contre-bas est aspiré et pulvérisé par le piston lui-même et l'on utilise à cet effet les variations de pression dans la capacité entièrement fermée où se déplace le mécanisme de transmission de mouvement.

Dans le second cas, le réservoir à pétrole est en charge et celui-ci s'écoule sur la soupape d'admission remplaçant celle de gaz et est aspiré lorsque cette soupape s'ouvre. Cette disposition convient particulièrement aux moteurs appliquant le « tout ou rien » par action du régulateur sur la soupape d'échappement.

Pour faciliter le dosage, certains constructeurs se préoccupent de maintenir toujours constant le niveau du pétrole au-dessus de cette soupape ; les moteurs Tangye et Charon sont dans ce cas.

Enfin, d'autres constructeurs dosent d'une façon variable, soit à la main, soit par le régulateur, la quantité de pétrole introduit.

Sur le moteur Japy, par exemple, la soupape d'admission de pétrole porte une rainure de hauteur variable à la main et fixant d'une façon parfaite la quantité de pétrole pour chaque admission.

Sur les moteurs Charon et Gobron-Brillié, une sorte de noix ou de robinet à boisseau porte des cannelures, qui se remplissent de pétrole. Sous l'action du régulateur et d'un rochet, cette noix ou ce boisseau reçoit, suivant qu'il doit y avoir course motrice ou non, une rotation d'une fraction de tour qui permet au pétrole d'une cannelure d'être introduit dans le carburateur. La précision de cette dernière régulation est donc parfaite.

La consommation de pétrole varie de 350 à 500 *gr* par cheval-heure effectif suivant leur puissance.

Les moteurs à pétrole employés dans l'industrie ont leurs cylindres refroidis par circulation d'eau, à l'exception toutefois du petit moteur Loyal, qui, par analogie avec les moteurs d'automobiles, a seulement son cylindre pourvu d'ailettes rafraîchies par l'air extérieur.

Les détails de construction des divers moteurs exposés ne peuvent être décrits dans cette étude si rapide. Je crois cependant devoir citer la disposition très ramassée, propre au moteur vertical le Gnome, où tout le mécanisme est enfermé et tourne dans un bain d'huile, disposition que l'on retrouve sur un moteur très analogue de la section russe, sur le secteur Martini et quelques autres.

La maison Brouhot exposait également un petit moteur horizontal avec mouvements baignant dans l'huile en chambre close.

Enfin je signale, à titre de curiosité, un essai de moteur rotatif au gaz exposé par la maison Niel.

Nous terminerons cette étude sur les moteurs à pétrole par l'examen de deux moteurs basés sur un principe différent de celui du moteur normal à quatre temps, qui sont le moteur Diesel au pétrole lourd et le moteur Banki à la benzine.

Moteur Diesel.

Le moteur Diesel du type pilon à un seul cylindre est exposé, au Champ-de-Mars et à l'annexe de Vincennes, par la Société des moteurs à gaz Otto et, à deux cylindres conjugués, à Vincennes par la Société française des moteurs Diesel et par la Société allemande des mêmes moteurs.

Ce moteur ayant déjà été décrit par notre Collègue M. Mallet dans les bulletins de la Société, novembre et décembre 1897, nous nous contenterons d'en rappeler très succinctement le principe.

La caractéristique de ce moteur est la suppression de tout moyen artificiel d'allumage du mélange air et pétrole, et la suppression également de tout carburateur chauffé, malgré l'emploi d'un pétrole lourd. Le moteur fonctionne encore à quatre temps, aspirant seulement de l'air dans la première course par une soupape mue par came et placée à la partie supérieure du cylindre. La deuxième course, course ascendante, donne la compression, compression adiabatique très élevée, puisqu'elle atteint 40 *kg*. La température développée par cette compression étant assez élevée pour produire l'inflammation d'un mélange carburé, cela explique la nécessité de n'exercer cette compression que sur de l'air seul afin d'éviter une inflammation prématurée. Le pétrole, refoulé par une pompe de petite dimension, placée sous la dépendance d'un régulateur à boules, de façon à doser le volume envoyé suivant la vitesse du moteur ou à le supprimer le cas échéant, est pulvérisé par de l'air à 45 *kg* obtenu dans une pompe placée latéralement aux cylindres moteurs. Le mélange ainsi formé est injecté dans le cylindre à travers une soupape à pointeau placée également sur le dessus du cylindre. L'inflammation est immédiate et la détente se produit de suite pendant la troisième course, course descendante et seule motrice.

Enfin la quatrième course correspond à l'échappement par une soupape mue par came fixée aussi à la partie supérieure du cylindre.

Le diagramme de ce moteur présente les plus grandes analogies avec celui relevé sur des locomotives.

La pompe à air sert également à remplir un réservoir dont on utilise le contenu pour la mise en marche du moteur. Cet air est introduit dans le cylindre par une soupape latérale commandée par une came qui est mise en prise seulement pendant cette manœuvre.

Les résultats donnés aux essais par ce moteur ont été très remarqués, en ce sens que la consommation de pétrole par cheval effectif est tombée au chiffre extrêmement minime de 0,250 *g* à pleine charge et qu'à demi-charge la dépense n'augmente pas sensiblement de plus de 15 0/0.

Moteur Banki.

Ce moteur exposé, tant au Champ-de-Mars qu'à Vincennes, par la Société Ganz et Cie de Budapest, est également du type pilon. Il fonctionne, comme je l'ai indiqué, à la benzine et également d'après le cycle à quatre temps.

L'allumage est assuré par un tube incandescent, chauffé par un brûleur à benzine.

La première course du cycle est encore la course aspirante, pendant laquelle pénètrent dans le cylindre de l'air, de la benzine pulvérisée au moyen d'un dispositif spécial et de l'eau également pulvérisée par le même procédé.

La deuxième course correspondant à la montée du piston effectue la compression, qui, grâce à la présence de l'eau, ne s'effectue plus adiabatiquement, ce qui permet d'atteindre des pressions voisines de celles du moteur Diesel, sans obtenir concurremment une élévation de température aussi élevée, ce qui évite toute inflammation prématurée du mélange détonant.

Les troisième et quatrième courses correspondent, comme dans tout moteur à pétrole, à la détente et à l'échappement.

Cette injection d'eau est également adoptée sur certains moteurs Priestman, non pas, il est vrai, pour diminuer l'élévation de la température de compression, mais simplement pour atténuer la température des parois du cylindre.

Les résultats d'essais semblent indiquer une consommation plutôt inférieure à celle du moteur Diesel, 0,225 *g* de benzine par cheval effectif; ces chiffres peuvent se comparer malgré la différence du combustible, puisque les puissances calorifiques du pétrole lampant et de la benzine sont sensiblement égales à 10 200 calories.

Moteurs à air chaud.

Disons maintenant quelques mots des moteurs à air chaud, qui sont en nombre extrêmement limité à l'Exposition. Je n'ai pu, en effet, qu'en trouver trois : le moteur construit par M. Leblanc, celui déjà ancien de Rider et Ericson et enfin le moteur à air chaud et vapeur combinée exposé à Vincennes par M. Warmont.

Moteur Brown.

Le moteur construit par M. Leblanc est du système Brown.

Il est basé sur le même principe que le moteur Benier que nous connaissons tous. Il comporte un cylindre compresseur d'air, un foyer où cet air se dilate à pression constante, et un cylindre moteur où l'air chauffé se détend. Les deux cylindres sont verticaux.

Le régulateur à boules agit sur le distributeur d'air du cylindre détendeur.

Le combustible employé est le coke.

Ce moteur n'était pas en marche à l'Exposition.

Moteurs Rider et Ericson.

Ces moteurs servent exclusivement à actionner des pompes. Plusieurs étaient en fonctionnement au Champ-de-Mars.

La caractéristique de ce moteur est que toujours le même volume d'air y travaille.

Le cylindre vertical comporte deux pistons : l'un supérieur à garniture est le piston moteur, l'autre du type plongeur se déplace sans frottement. Une combinaison cinématique permet le déplacement de ces pistons en sens inverse. Le piston plongeur étant à la partie supérieure de sa course, l'air placé au-dessous de lui est chauffé par une rampe de brûleurs à gaz. Le moteur étant mis en marche à la main, le piston plongeur, en descendant, déplace l'air et l'envoie sous le piston moteur, sur lequel il agit de bas en haut. A la course suivante, cet air, refroidi par la détente et par une circulation d'eau autour du cylindre, est refoulé à la partie inférieure du cylindre par le piston plongeur qui s'élève et immédiatement chauffé à nouveau.

Ce moteur est donc à simple effet. Un prolongement du balancier actionne la pompe. Toute l'eau refoulée circule dans une enveloppe placée autour de la partie supérieure du cylindre. Celui-ci est donc toujours froid à sa partie supérieure et, au contraire, à température élevée à sa partie inférieure.

Moteur Warmont.

Cette machine dite à air chaud avec mélange de vapeur était exposée sans fonctionner à Vincennes.

L'appareil comporte d'abord un brûleur à pétrole, qui utilise ce combustible après l'avoir vaporisé. Ce brûleur chauffe un bouilleur formé de deux plaques d'acier embouties séparées par un espace de 10 *mm*. La plaque supérieure est percée de petits trous pour le dégagement de la vapeur.

Le niveau de l'eau est maintenu automatiquement constant sur la plaque supérieure.

La vapeur ainsi produite est mélangée dans une chambre spéciale avec de l'air comprimé, dont nous allons voir le mode de compression. C'est ce mélange qui actionne une turbine à axe horizontal d'après un principe analogue à celui de la turbine Laval. Le mouvement ainsi produit est transmis à l'arbre moteur par des engrenages réducteurs de vitesse et également par engrenages et balancier à deux pistons compresseurs d'air dont la distribution est faite par tiroirs cylindriques équilibrés.

En terminant cette étude, il convient d'en préciser à nouveau l'objet.

Il ne s'agissait en effet, ni de critiquer les appareils exposés, ni d'en faire une simple nomenclature, mais plutôt d'indiquer brièvement leurs conditions générales de fonctionnement en citant à titre d'exemple quelques-uns d'entre eux, qui paraissaient présenter très nettement des particularités plus marquantes, sans établir toutefois aussi que ces moteurs, pris à titre d'exemple, fussent les seuls réalisant les conditions signalées et que d'autres n'aient pas obtenu les mêmes résultats par des combinaisons mécaniques différentes.

Il convenait également de laisser presque complètement de côté la question de consommation, car c'est une question infiniment délicate. A mon avis, pour établir des comparaisons, il est indispensable non seulement de posséder des résultats d'expériences, mais encore de connaître très exactement les conditions dans lesquelles ont été faits ces essais. Comme il était impossible de se procurer ces indications d'une façon absolument précise, il valait mieux s'abstenir que de mettre en parallèle des résultats qui eussent pu n'être pas rigoureusement comparables.

LA VERRERIE

A L'EXPOSITION INTERNATIONALE DE 1900

PAR

M. Léon APPERT

En débutant, M. Léon Appert remercie M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de l'honneur qu'il a bien voulu lui faire en lui demandant de faire une communication sur l'industrie du verre à l'Exposition internationale de 1900, ce qu'il a accepté, cette communication lui paraissant d'autant plus intéressante à faire pour la Société qu'il était difficile, pour les personnes peu initiées à cette industrie, de juger de l'importance de ce qui leur était mis sous les yeux et des progrès qui y avaient été accomplis.

Les nations qui ont répondu à l'appel de la France et qui ont participé à l'Exposition de la Verrerie, en 1900, sont : l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche, la Belgique, les États-Unis, l'Italie, la Hongrie, les Pays-Bas, la Russie et la Suède.

L'importance de l'exposition de chacune de ces nations était généralement peu en rapport avec celle qu'a l'industrie du verre dans chacune d'elles. De plus, ces expositions étaient le plus souvent fractionnées, certaines spécialités fort importantes comme en Angleterre, en Allemagne et en Belgique, telles que les glaceries, n'étaient nullement représentées ; la France, seule, avait exposé d'une façon à peu près complète ; et cependant, on a eu à regretter l'abstention de deux des plus grandes Sociétés verrières que la France possède, la Société de Baccarat, pour la fabrication du cristal, et la Société de Wallerhystal et Portieux, pour la fabrication de la gobeleterie de verre ; elles y auraient certainement figuré avec honneur.

Tout le monde connaît l'importance qu'a prise l'industrie du verre, dont les applications sont de plus en plus nombreuses, il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter ; il suffira, pour attirer l'attention des Membres de la Société, de signaler les progrès accomplis dans les diverses branches de cette industrie depuis la der-

nière Exposition de 1889, ces progrès ont porté, comme on pouvait le prévoir, sur les opérations successives correspondant aux trois périodes de la fabrication, à savoir :

1° La préparation des mélanges des matières destinées à composer le verre et désignés sous le nom de *compositions;*

2° La fusion de ces compositions et l'affinage du verre fondu;

3° La mise en œuvre ou le façonnage du verre, une fois que le raffinage en a été opéré.

L'auteur se propose de parler d'une quatrième partie, non moins intéressante, qui comprend les produits nouveaux qui ont figuré pour la première fois dans une exposition publique.

Matières premières.

En ce qui concerne les produits naturels utilisés comme matières premières et nécessaires pour la fabrication du verre, la France est certainement une des contrées les plus favorisées; elle possède, en effet, en abondance, des produits d'une très grande pureté : les sables de Fontainebleau, en particulier, qu'on trouve à Nemours, sont réputés pour leurs qualités exceptionnelles, et les calcaires purs et les marbres se rencontrent un peu partout.

En ce qui concerne les matières premières fabriquées, les produits chimiques principaux, comme la soude et la potasse, ont participé aux progrès des arts chimiques; il en est de même des oxydes métalliques de toute nature employés pour la fabrication des verres colorés; dans ces conditions, on comprend qu'on ait pu obtenir des verres remarquables par leur blancheur ou par la pureté de leurs nuances: à la présente Exposition, la fabrication du cristal était particulièrement intéressante à ce point de vue, aussi bien en France qu'en Angleterre et en Suède, par la blancheur et l'éclat des pièces exposées. La verrerie de Bohême était elle-même très digne d'intérêt avec ses verres sans coloration que présentaient plusieurs importantes fabriques dont les produits sont exportés dans le monde entier.

Mais ce n'est pas seulement en vue de ces spécialités de verre généralement employées pour la fabrication d'objets, pourrait-on dire purement de luxe, que les qualités de la matière ont de l'importance, elles sont utilisées également et non sans rai-

son pour la fabrication des objets destinés a la confection des appareils d'optique de tout genre : la Compagnie de Saint-Gobain, la plus importante dans cette branche d'industrie, a la spécialité de la fabrication des verres pour les phares; elle s'y est acquis une réputation justifiée qu'elle a conservée; ces verres, considérés au point de vue de la déperdition de la lumière, sont remarquables, en ce que leurs qualités de transparence et leurs propriétés de faible absorption des rayons lumineux correspondent à celles non moins dignes d'être signalées de diathermanisme; d'autres fabriques françaises se sont appliquées, dans le même ordre d'idées et dans le même but, à la fabrication de pièces pour l'optique courante : la Compagnie des Chemins de fer du Nord a fait, à cet effet, avec MM. Appert frères, des essais du plus grand intérêt, sous la direction de M. Eugène Sartiaux, en ce qui concerne le matériel fixe, et sous la direction de M. Javary pour le matériel roulant.

La portée lumineuse des divers appareils où ont été employés des verres fabriqués dans ces conditions a été augmentée dans des proportions considérables. Ces verres, d'une grande transparence possèdent les propriétés des verres diathermanes; il est à désirer que les autres Compagnies de chemins de fer adoptent des appareils de même nature et emploient des verres de fabrication analogue.

La composition chimique des verres, au point de vue de l'optique astronomique et scientifique, a été remarquablement étudiée par la verrerie scientifique d'Iéna, qui avait exposé dans la section allemande.

Cette verrerie est, comme on le sait, patronnée et subventionnée par l'État qui lui a consacré 200 000 marks, une première fois, pour son installation; cette subvention a été renouvelée quelques années plus tard; cet établissement a pu entreprendre la fabrication et étudier les propriétés de plus de deux cents verres de composition différente, et ayant tous des indices de réfraction et des poids spécifiques différents : il a été obtenu ainsi des verres inconnus jusqu'ici et doués de propriétés nouvelles qui ont pu servir à la constitution des appareils optiques et plus particulièrement pour la confection des microscopes à très fort grossissement et des appareils photographiques.

En France également, la maison Mantois-Parra a présenté une série de verres non moins remarquables, en moins grand nombre peut-être, mais produits dans des conditions de fabrication beau-

coup meilleures que celles de la verrerie d'Iéna; ces verres présentent, en effet, une très grande pureté et sont exempts des fils, filandres et pierres si préjudiciables à leur emploi pour l'astronomie et l'optique en général; leur supériorité a été unanimement reconnue. Cette fabrication fait le plus grand honneur à la France.

Des verres de fabrication spéciale ont été également utilisés pour un emploi nouveau, celui de la téléphonie; on recherche pour cet usage des résonnateurs puissants, et en même temps déformant le son aussi peu que possible; on les fait généralement en verre qui répond assez bien à ces desiderata; on a été amené à penser cependant que des résonnateurs en cristal, à grande densité, seraient encore préférables. Les tentatives faites dans ce sens, paraissent avoir été couronnées de succès, car on a obtenu des appareils d'une résonnance plus puissante et plus parfaite et sans déformation sensible du son. Le verre employé pour cette fabrication doit être très mince, de 1/20e de millimètre d'épaisseur environ, il présente certaines difficultés de fabrication qu'on est arrivé à surmonter à la Verrerie de Clichy avec succès.

La verrerie pour laboratoires paraît s'être développée d'une façon remarquable en Allemagne, en Bohême ainsi qu'en Russie; dans chacun de ces pays, la composition de ces verres très spéciaux a été étudiée d'une façon particulière en vue d'obtenir la plus grande résistance aux agents chimiques et la plus grande stabilité sous l'action au chalumeau d'un feu prolongé.

M. le professeur Tchitchenko, de Saint-Pétersbourg, a comparé entre eux les verres des fabriques les plus renommées pour cette fabrication; la verrerie Rutin et Cie, en Russie, celle de M. Kavalier, en Bohême, la verrerie scientifique d'Iéna, en Allemagne, la Société Legras et Cie, en France, se sont fait remarquer par la supériorité de leur fabrication : La verrerie de Rutin a présenté, entre toutes, les coefficients de résistance les plus satisfaisants.

Les essais de résistance de ces verres avaient été faits par M. Tchitchenko en premier lieu à l'eau distillée à 100°, puis à l'acide sulfurique à 66° à 90 *g* par litre, à la soude caustique et, enfin, au carbonate de soude.

Se basant sur l'observation des phénomènes qui accompagnent l'opération de la trempe du verre mise en pratique par M. de la Bastie et étudiée en particulier par M. le professeur de Luynes, et sur les résultats pratiques qu'on peut obtenir par son emploi, la verrerie d'Iéna a cherché les moyens d'obtenir des résultats

analogues par l'emploi de verres de composition étudiée en vue de cette application spéciale.

Les objets fabriqués par cet établissement avec des verres doués de coefficients de dilatation différents et employés concurremment par superposition présentent des propriétés analogues à celles des objets ayant subi la trempe; ils présentent comme eux une résistance remarquable à la casse, sous l'action des variations brusques de température; ces verres, auxquels on a donné le nom de *verres soudés* sont employés spécialement pour la fabrication des vases et récipients de laboratoires et analyses chimiques (vases à filtration chaude), pour la fabrication de la verrerie d'éclairage et celle des tubes pour chaudières à vapeur. Des spécimens de ces objets étaient exposés dans la section allemande, au Champ-de-Mars.

Fonte et affinage du verre.

Ce sont les fours à fondre le verre qui forment la partie intéressante de cette période de la fabrication.

Depuis 1889, il n'y a que peu de perfectionnements importants à signaler; on a cherché à améliorer les conditions de fusion en les rendant plus économiques, mais en dehors du développement de plus en plus accentué de l'emploi des fours à bassin de grandes et même, chose remarquable, de petites dimensions, beaucoup plus économiques, les efforts qui ont été tentés ont porté principalement sur les gazogènes qui exigent, comme on sait, un travail pénible et pour lesquels on trouve difficilement le personnel suffisant et apte à les conduire.

Les appareils de régénération ou récupérateurs ont été perfectionnés : on a cherché à les simplifier en rendant leur action continue, de façon à éviter les renversements périodiques, comme il est nécessaire de le faire avec les régénérateurs type Siemens. Dans ce but on a perfectionné la fabrication des pièces de construction de ces appareils aussi bien que la construction elle-même, de façon à en assurer un fonctionnement certain et efficace.

Il est encore difficile de décider d'une façon absolue pour l'industrie de la verrerie quel est le système qui doit être préféré pour ce genre d'appareils; mais pour les fours à bassin, généralement adoptés pour la fabrication des glaces, des verres à

vitres et des bouteilles, les appareils à renversement sont jusqu'ici les plus employés. Pour le cristal, la gobeleterie de verre et les émaux, les fours à régénération continue paraissent présenter plus de simplicité et, en somme, plus d'avantages.

Dans la Section Française il y avait un four de verrerie en activité où la régénération se faisait par contact et par reconduction. Les appareils de renversement en étaient d'une manœuvre très simple et les résultats en paraissaient en somme assez satisfaisants.

Comme il était permis de le prévoir, on a pensé à chauffer les fours de verrerie électriquement, utilisant ainsi la haute température produite par l'arc électrique. Deux inventeurs en Allemagne ont déjà pris un brevet et ont installé une verrerie d'essai, à Cologne, mais il n'en est résulté jusqu'ici aucun résultat pratique pouvant être signalé; aucun maître de verrerie n'ayant tenté d'en faire l'expérience industriellement : nul appareil de ce genre, ni projet ayant trait à cette application de l'électricité n'avait été soumis à l'appréciation du Jury en 1900.

Mise en œuvre.

Tout le monde connait le procédé de fabrication des pièces de verre par soufflage employé le premier, et depuis le commencement du monde, peut-on dire, et qui consiste à souffler avec la bouche dans une canne plongée préalablement dans le verre fondu; ce procédé, qui a été modifié et amélioré, et qui peut se faire maintenant presque mécaniquement (1) est encore employé pour une grande partie de la fabrication des objets de verrerie; néanmoins des procédés nouveaux ont été inventés pour y suppléer, ils sont pratiqués maintenant sur une grande échelle pour la fabrication de la verrerie commune et à bon marché; ces procédés, dits de *moulage à la presse*, sont presque complètement mécaniques puisqu'il suffit de verser du verre fondu dans un moule et de le soumettre, à l'aide d'un noyau, à une pression énergique pour lui donner la forme définitive de la pièce que

(1) On pouvait juger, à l'Exposition même, des ressources et de l'élasticité de ces procédés mécaniques: MM. Appert frères avaient exposé, aux Invalides, une sphère en verre de 1,65 *m* de diamètre et d'une capacité de 2 350 dm^3 qui avait été soufflée dans leurs ateliers à l'aide d'une pression de 6 kilogr. par centimètre carré (c'est la plus grande pièce en verre qui ait jamais été produite), et dans la classe 111 (hygiène) ils avaient présenté, en même temps que des modèles d'appareils de soufflage de leur invention, des sphères en verre de 3 *cm* de diamètre et de 10 cm^3 de capacité soufflées à l'aide d'une pression de 2 grammes par centimètre carré.

l'on veut obtenir. Dans tous les pays comme les États-Unis, où le prix de la main-d'œuvre est élevé, ce procédé s'est développé avec une grande rapidité : on y produit des objets d'une fabrication presque parfaite et d'un prix très réduit; ces procédés tendent à se développer et à s'étendre et, dans un avenir prochain, il est à prévoir que ce procédé de fabrications par moulage se substituera, en grande partie, même en Europe, au procédé par soufflage.

Depuis 1889, d'autres procédés de façonnages du verre complètement nouveaux ont été imaginés et appliqués. En voici l'énumération par ordre de date :

1° En premier lieu, le procédé dit de *moulage méthodique*, dont M. Léon Appert l'inventeur a fait la description à la Société des Ingénieurs Civils il y a quelques années : ce procédé permet de faire mécaniquement des pièces de très grandes dimensions. La Compagnie de Saint-Gobain s'est livrée à la fabrication de ces pièces avec succès, qui paraît devoir se développer progressivement; il s'applique également à la fabrication des tuyaux en verre de toutes dimensions et généralement à celle des pièces cylindriques fermées, de section quelconque. Ces pièces se caractérisent comme qualités par une grande régularité de forme et une grande régularité d'épaisseur, contrairement à ce qui se produit dans les pièces analogues obtenues par soufflage : on peut obtenir des pièces des plus grandes dimensions, d'une capacité allant à 200 litres et plus.

2° Un second procédé est le procédé de fabrication mécanique des bouteilles, imaginé par M. Claude Boucher, de Cognac. Les essais de fabrication mécanique des bouteilles ne sont pas précisément nouveaux; dès 1885, il avait été pris, en Angleterre, par M. Ashley, plusieurs brevets pour cette fabrication; les plus grandes espérances avaient été fondées sur les résultats que devait donner ce procédé, sa simplicité le recommandant à l'attention du public : il suffisait, en effet, d'un ouvrier cueilleur devant verser le verre en fusion dans le moule pour obtenir mécaniquement une bouteille complètement finie. Le procédé n'a donné lieu à aucune application pratique. Il a pu cependant, ayant été modifié, être employé plus tard pour la fabrication de pièces de faibles dimensions à large ouverture, telles que des bocaux et vases à conserves.

M. Boucher, reprenant le problème, en a trouvé la solution de la façon la plus satisfaisante : ce procédé a déjà fait ses preuves,

car plusieurs millions de bouteilles ont été fabriquées et vendues à la plus grande satisfaction des consommateurs qui les ont employées pour la vente et l'exportation des eaux-de-vie et des fines champagnes. Ces bouteilles sont très satisfaisantes comme forme et apparence, elles sont, de plus, très solides et très résistantes, la casse de route étant de beaucoup diminuée avec ces bouteilles pour les expéditions à grande distance (1).

C'est en employant simultanément les procédés de moulage et de soufflage, tous deux s'exerçant mécaniquement, que l'inventeur est arrivé au résultat cherché. M. Boucher, en améliorant ainsi les conditions de fabrication d'objets d'une si grande utilité (on emploie 250 millions de bouteilles en France tant pour l'embouteillage des vins que pour les eaux minérales), a rendu en même temps un véritable service à l'hygiène industrielle en permettant d'améliorer les conditions de travail de toute une catégorie d'ouvriers, la fabrication des bouteilles étant, entre toutes, une des plus pénibles dans les conditions où elle s'est pratiquée jusqu'ici : il ne paraîtra pas superflu de rappeler que les ouvriers bouteillers, en dehors des conditions défectueuses au point de vue de l'hygiène dans lesquelles ils travaillent, sont soumis à un véritable surmenage qui ne leur permet d'exercer leur métier, du reste assez lucratif, que jusqu'à un âge peu avancé.

Le troisième procédé, également très nouveau, est un procédé de soufflage mécanique, inventé par M. Sievert, de Dresde ; les objets fabriqués par ce procédé et remarquables par leurs dimensions excessives étaient exposés dans la section allemande, aux Invalides. Cet inventeur est arrivé à certains résultats intéressants par des moyens qui ont de grandes analogies avec celui de M. Boucher, dont il vient d'être parlé.

Ce procédé paraît susceptible d'un certain nombre d'applications, peut-être moins nombreuses que l'inventeur ne semble disposé à le croire, mais, en tout cas, fort intéressantes. Il consiste à verser sur une plaque de fonte, où des trous suffisamment petits ont été ménagés, le verre fluide, puis à le faire adhérer à une couronne faisant corps avec la plaque et destinée à former le col de la pièce, puis à renverser le tout brusquement, par un mouvement de rotation à 180°; cette masse de verre n'adhérant

(1) Deux des verreries à bouteilles de France les plus importantes : la verrerie de Carmaux dans le midi et les verreries de Denain, dans leur succursale de Lembecq (Belgique), ont installé la fabrication mécanique avec plein succès par ce procédé.

pas au milieu à la plaque sur laquelle il a été coulé, s'allonge en formant une poche qu'un sursoufflage produit à l'aide des petits trous ménagés dans la plaque régularise de forme. M. Sievert a pu obtenir ainsi des pièces colossales de volume, paraît-il, telles que des baignoires. Il espère pouvoir produire aussi des feuilles de verre à vitre qui seraient formées par les parois d'une énorme caisse cubique, ainsi que des bouteilles dont il produirait plusieurs échantillons à la fois.

Tels sont les procédés, tous trois nouveaux depuis 1889, qui ont été présentés et sur lesquels il a paru intéressant d'attirer l'attention. Ils sont susceptibles, chacun dans leur genre, d'amener de sérieuses améliorations dans les conditions de fabrication du verre, tout en permettant d'en prévoir l'extension à des usages nouveaux.

En ce qui concerne les améliorations apportées, depuis 1889, aux procédés de fabrication déjà connus, elles sont importantes par les résultats qu'elles ont permis d'obtenir :

S'agit-il, en effet, de la fabrication des glaces coulées, la Compagnie de Saint-Gobain qui, en 1889, avait présenté une énorme glace non argentée, nous montrait cette année une glace plus grande encore, de 34 m^2 de superficie environ et, cette fois, argentée, c'est-à-dire dans des conditions telles que les défauts, s'il en existe, sont beaucoup plus apparents; la pureté de la matière était complète et la planimétrie en était parfaite.

Cette Société, grâce aux perfectionnements apportés aux appareils de polissage, annonce de plus pouvoir fabriquer à volonté des glaces de même qualité et en quantité illimitée de mêmes dimensions; elle l'a prouvé, du reste, en participant à l'installation du Palais des Illusions, cet immense kaléidoscope que le public a pu admirer.

C'est à notre Collègue M. Delloye, que sont dus les perfectionnements de ces appareils de polissage qui ont permis d'obtenir ces résultats fort remarquables et dignes d'être signalés.

Les améliorations apportées aux procédés de fusion ont permis de couler, d'une seule pièce et avec succès, de très grandes masses de verre; la Compagnie des Glaces et Verres spéciaux du Nord, à Jeumont, sous la direction de M. Despret, également notre Collègue, a présenté d'énormes miroirs, pesant plus de 3 *t*, dont un spécimen a été utilisé pour la construction du grand sidérostat de l'Exposition. Ces miroirs paraissent être aussi parfaits que possible, comme qualité de verre et comme recuisson.

Les lentilles fabriquées pour les appareils astronomiques présentées par la maison Mantois-Parra, en France, dont il a déjà été parlé, ont surpassé celles présentées en 1889; on a pu voir plusieurs de ces pièces de verre en flint et en crown de 1,25 *m* de diamètre, d'une pureté de matières absolument complète; la belle fabrication de cette maison lui a attiré la clientèle des astronomes de tous les pays, devenus ainsi les tributaires de la France.

Les pièces analogues fabriquées par la verrerie scientifique d'Iéna étaient de dimensions à peu près égales, mais la qualité de la matière en était moins satisfaisante.

La Compagnie de Saint-Gobain avait exposé des moulages de verre de très grandes dimensions et présentant certaines difficultés de fabrication; ils étaient exécutés avec une grande perfection; le Palais Lumineux en a été un spécimen des plus réussis. Ces moulages ont été faits à la glacerie de Saint-Gobain, sous la direction de M. Henrivaux, notre Collègue.

On peut à bon droit considérer comme produits nouveaux par leurs dimensions, les verres de toiture, les verres cathédrales, les verres striés, losangés, de 5 et 6 *m* de longueur, les tuyaux en verre de toutes dimensions, jusqu'à 0,50 *m* de diamètre; l'Exposition elle-même était un vaste spécimen de ce que l'on peut obtenir par l'emploi du verre sur une grande échelle comme planchers et sous les formes les plus variées dans les constructions des palais où les architectes ont su en faire un emploi souvent hardi; ils ont prouvé que le verre, dans les constructions nouvelles, en était devenu un élément indispensable dont on ne saurait se passer.

Les qualités du verre le désignaient assez naturellement pour en former des revêtements inaltérables et propres par la facilité de leur nettoyage à être employés au lieu et place des panneaux en faïences et être substitués aux peintures employées jusqu'ici qui présentent beaucoup plus de chances d'altération; dans beaucoup de cas, sa transparence était un obstacle à son emploi, on a donc pensé à remplacer le verre transparent par un verre opalin de composition analogue auquel on a donné le nom d' « opaline ».

L'emploi de ce verre, pour ainsi dire nouveau, s'est beaucoup étendu et cette espèce de verre est fabriquée sur une grande échelle par les Compagnies de Saint-Gobain et de Jeumont, et par MM. Appert frères; on peut voir des spécimens des nombreuses

applications qui en ont été faites dans des endroits publics : plusieurs stations du Métropolitain sont garnies de revêtement d'opaline blanche d'un très agréable effet.

L'emploi de ce produit presque inconnu en 1889 a pris un très grand développement depuis cette époque.

Comme produit nouveau et du plus grand intérêt également, on doit citer la « Pierre de verre ».

Ce produit, dont il a été beaucoup parlé, et non sans raison, est simplement du verre à bouteilles ramolli dans des conditions spéciales; il a été fait, il y a quelques années, une communication sur les « défauts du verre », dans laquelle avait été signalée l'importance du nombre des défauts provenant de sa dévitrification.

On sait, en effet, que quand certains verres viennent à être refroidis puis réchauffés d'une façon lente, il se forme dans leur masse une sorte de précipitation et la formation d'un bisilicate de chaux ou wollastonite mêlé à des pyroxènes également cristallisés quand on emploie des calcaires magnésiens.

M. Garchey a utilisé cette propriété en s'adressant aux verres les plus calcaires, tels que les verres à bouteilles et en les soumettant une fois pulvérisés, à une demi-fusion, à une température de 1200°, puis exerçant sur cette masse plastique une pression énergique à l'aide de presses hydrauliques puissantes. La pièce ainsi estampée, pour ainsi dire, est recuite comme une pièce de verre de mêmes dimensions.

Ce produit présente des qualités d'inaltérabilité, de dureté et de résistance à l'usure des plus remarquables ; il possède, de plus, une élasticité relative qui le rend très peu fragile et plus apte, par suite, à résister aux chocs auxquels peuvent être soumises des pièces telles que des carreaux pour pavage ou carrelage. Il est appelé également à rendre des services à la construction, comme revêtement. Une application de ce produit a été faite sur une grande échelle pour ce double usage, dans les escaliers d'accès du Métropolitain de Paris, nouvellement inauguré, ainsi que pour le carrelage des quais de circulation.

Une autre fabrication un peu moins nouvelle est celle du verre désigné sous le nom de « verre perforé »; il en avait été présenté des échantillons en 1889, mais depuis cette époque ce verre a pris sa place dans les constructions, et, par les services qu'il rend journellement pour l'hygiène des habitations en en facilitant l'aération et l'assainissement, il semble appelé à un développement de plus en plus grand.

Il n'est pas inutile de rappeler que c'est notre excellent Collègue et ancien Président, M. Émile Trélat, qui a été l'inventeur de cette espèce de verre et le promoteur de cette fabrication.

Un verre également nouveau, comme fabrication tout au moins, se recommande à l'attention des Ingénieurs et des constructeurs par ses qualités non moins remarquables ; on le désigne en France sous le nom de « verre armé ».

Ce verre plan auquel l'introduction dans son épaisseur d'un réseau métallique procure une cohésion qui le rend, comme solidité et comme résistance, supérieur à tout autre verre, qu'il soit soufflé ou laminé, est appelé par la sécurité qu'il procure, en cas de rupture, à prendre sa place dans les constructions, partout où des accidents occasionnés, soit par la chute de corps durs ou pesants, soit par l'action du feu, sont à craindre ; ce verre peut supporter, en effet, en cas d'incendie les températures les plus élevées sans se déformer ; aussi est-il appelé à jouer un rôle extrêmement important dans la construction des halls et grands entrepôts. Pour montrer quels sont les divers services que peut rendre ce verre, les Américains le recommandent comme un protecteur contre le feu, les pierres et les voleurs (*wire glass, fire proof, stone proof, burglar proof*).

On a pensé, il y a déjà plus de cinquante ans, à utiliser un verre auquel seraient procurées ces propriétés et dans lequel, à cet effet, étaient introduits des filaments métalliques, destinés à maintenir les fragments provenant de la rupture de la feuille de verre par suite d'un choc ou sous l'influence d'une cause quelconque, mais on avait été arrêté par les difficultés que présentait sa fabrication pour l'obtenir à bon compte, et d'une façon industrielle ; un inventeur américain, M. Shuman, a résolu le premier le problème d'une façon satisfaisante par un procédé qui a été adopté et est encore employé aux États-Unis et en Angleterre avec succès, ainsi qu'en Belgique.

M. Léon Appert a imaginé un procédé tout autre qui paraît présenter certains avantages et qui est employé, en France, par la Compagnie de Saint-Gobain qui s'en est garanti le monopole d'exploitation, et en Amérique par l'Appert Glass C° ainsi que par plusieurs firmes importantes de Pennsylvanie.

Par le procédé Shuman on enfonce un réseau métallique rigide dans une couche de verre, préalablement laminée à l'épaisseur voulue ; par le procédé Appert, on lamine simultanément deux couches de verre entre lesquelles s'introduit automatiquement

un réseau métallique quelconque qui se place exactement à l'endroit voulu.

Ce verre semble appelé à un très grand avenir, car déjà aux États-Unis, où il est employé sur une grande échelle, les Compagnies d'assurances en imposent l'emploi partout où la sécurité des locaux assurés semble en faire une nécessité.

Tels sont, comme procédés et comme produits, ce que cette exposition si intéressante et si pleine d'enseignements nous présentait et ce qui a paru susceptible d'appeler plus particulièrement l'attention des membres de la Société.

Il reste à parler de la verrerie d'art, branche spéciale de l'industrie du verre pour ainsi dire nouvelle, qui, par l'importance qu'elle a acquise au cours de ces dix dernières années, doit être examinée à son tour. Les nations étrangères avaient toutes exposé des objets fabriqués en vue de répondre à ces besoins nouveaux de la décoration de l'habitation et du home ; la France, comme on pouvait le prévoir y a montré une supériorité incontestable et incontestée.

On doit y citer en première ligne, l'exposition de M. Gallé, de Nancy, artiste autant que verrier et qui, avec sa grande maitrise, a su mettre à profit comme motifs de décoration tous les accidents qui se produisent au cours de la fabrication du verre; M. Gallé nous a montré de véritables œuvres d'art, remarquables autant par la qualité de la matière que par la variété et le charme de leurs décorations.

MM. Daum frères, de Nancy également, marchant sur les traces de M. Gallé, présentaient, dans une exposition très étudiée, une série de pièces obtenues par des moyens fort analogues mais de tonalité assez différente, comme variété et comme éclat.

Les cristalleries de Sèvres et de Pantin présentaient, ainsi que la maison Leveillé-Rousseau, des pièces d'un travail délicat que les musées étrangers se sont rapidement appropriées comme modèles bons à suivre et souvent à reproduire.

Les pièces de décoration obtenues par la superposition de plusieurs couches de verres de nature et de coloration différentes, puis gravées, soit à la roue, soit à l'acide fluorhydrique, étaient, en dehors de cela, présentées par plusieurs fabricants français de la façon la plus heureuse; des pièces de même nature, en Allemagne, en Hongrie et en Suède, mais en moins grand nombre et d'une facture moins réussie, donnaient une idée des efforts tentés en vue de cette fabrication si française.

Les objets décorés par l'application, à leur surface, d'oxydes métalliques, tels que l'argent et le bismuth, puis réduits après coup, en y produisant de véritables lustres, étaient exposés avec éclat dans la section américaine et la section autrichienne; les effets en étaient des plus imprévus et souvent très réussis.

Comme en 1889, en Autriche et en Hongrie, on retrouvait les spécimens de cette verrerie taillée, gravée et décorée, produite à un bas prix relatif, toujours aussi brillante, mais ne présentant aucun caractère de nouveauté.

L'application, sur les pièces fabriquées, d'émaux opaques ou transparents, cuits au moufle après coup, pratiquée exclusivement autrefois en Autriche et en Bohême, se fait actuellement d'une façon courante, en France, mais avec une plus grande variété dans les dessins et les formes; la maison Legras et Cie se remarquait, à ce point de vue, par l'importance de sa fabrication, faite pour ainsi dire en série, par sa variété en même temps que par le prix relativement peu élevé des objets présentés.

En résumé, cette branche de la verrerie présentait le plus grand intérêt autant par son importance que par l'indice des efforts très sérieux qui avaient été tentés de toutes parts et qui généralement ont été couronnés de succès. Le public y a pris lui-même un très vif et très légitime intérêt qu'il a sanctionné par des acquisitions nombreuses.

Si, en terminant, on jette un coup d'œil sur l'ensemble de cette exposition du verre, si bien représentée en 1900 au Palais des Invalides, au Champ-de-Mars, ainsi que dans les installations des palais eux-mêmes, on est frappé du développement de plus en plus considérable qu'a pris l'emploi de cette si précieuse matière sous ses diverses formes : qu'il s'agisse de son emploi dans la construction ou de son extension pour les besoins d'usage domestique, et comme objets de décoration, le verre se rencontre à profusion de la façon la plus utile, la plus heureuse et, peut-on dire, la plus rationnelle. Ses qualités si précieuses, de mieux en mieux connues et mieux utilisées, ne peuvent que prêter, il est permis de l'espérer, à un développement plus grand encore de son emploi.

Si on envisage cette Exposition au point de vue purement technique, non moins fait pour intéresser la Société, on peut constater la tendance qu'a cette industrie du verre, comme beaucoup d'autres, du reste, à se transformer par l'introduction progressive de procédés mécaniques, ce qui s'explique par la néces-

sité dans laquelle on se trouve de produire beaucoup et à bon marché, en même temps que par l'obligation de suppléer à l'insuffisance d'une main-d'œuvre, telle que celle de l'homme, coûteuse et toujours limitée comme puissance.

Une autre cause de cette transformation inéluctable réside dans la difficulté du recrutement des ouvriers verriers dont l'apprentissage est très long et qui sont astreints, quelles que soient les améliorations qui ont pu y être apportées, à un travail pénible.

L'application des lois nouvelles concernant l'instruction obligatoire et destinées à réglementer le travail des enfants dans les établissements industriels, ne pourra que l'accélérer.

Il est, en effet, à prévoir et à craindre en même temps pour cette industrie, qu'elle ne soit une des premières à subir les conséquences de l'application de ces lois qui, en relevant le niveau social, restreindront le nombre de ceux désireux ou aptes à les exercer.

M. Léon Appert, en terminant, remercie ses Collègues de l'attention qu'ils ont bien voulu lui prêter.

CHRONIQUE

N° 252

SOMMAIRE. — Le nouveau pont suspendu de Budapest. — La machine compound de Roentgen à l'Exposition de 1900 *(suite et fin)*. — La poste par pigeons. — La fabrication de l'indigo artificiel. — Fabrication du verre avec les laitiers de hauts fourneaux.

Le nouveau pont suspendu de Budapest. — On sait qu'il existe à Budapest un pont suspendu en chaînes construit de 1839 à 1849 par l'ingénieur anglais W. T. Clark et qui était considéré à l'époque comme un ouvrage des plus remarquables; il avait coûté 15 1/2 millions de francs.

On a ouvert il y a six ou sept ans un concours pour un pont du même genre à construire sur le Danube à la Schwurplatz. Cinq projets furent présentés; le premier prix fut décerné à un projet de pont suspendu avec câbles et tablier rigide de 313 *m* de longueur totale, présenté par la fabrique de machines d'Esslingen (Wurtemberg).

Une étude ultérieure fut faite en vue d'examiner les avantages respectifs des chaînes et des câbles et on se décida en faveur des premières, probablement beaucoup par suite du désir de voir la totalité du travail faite dans le pays et d'éviter l'importation de matériaux de provenance étrangère.

Le projet exécuté n'est pas celui qui avait été primé au concours, mais un autre projet présenté par le conseiller ministériel Czekelius. Un article publié dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* et dû à la plume de M. J. Seefehlner, directeur de la fabrique de machines des Chemins de fer de l'État Hongrois, qui a exécuté la partie métallique de cet ouvrage, donne la description détaillée du pont avec des renseignements très intéressants sur la fabrication et les matériaux employés.

Le pont comporte trois travées : une centrale de 290 *m* qui franchit le fleuve et deux latérales sur les bords de 44 *m* chacune, ce qui donne une longueur totale de 378 *m*. La largeur du tablier d'axe en axe des poutres formant garde-corps est de 20 *m*, sur lesquels 11 *m* sont occupés par la chaussée qui porte une double-voie pour tramways électriques et le reste par deux trottoirs de 3,50 *m* chacun.

Les deux piles ont leurs fondations établies à l'air comprimé et descendues à 7 et 9 *m* de profondeur au-dessous du niveau normal du fleuve. Les massifs pour l'ancrage des chaînes se composent de masses de béton encadrées dans des rangées de fers à double T et descendant à 2,50 *m* au-dessous du niveau de l'eau. Le volume total des maçonneries entrant dans la construction est de 40 000 m^3.

Chaque pile est surmontée de deux tours en charpente métallique formant portail et sur lesquelles s'amarrent les chaînes de suspension. Ces tours portent par des rotules sur des semelles en acier coulé dont la

partie supérieure se trouve à 10,30 *m* au-dessus du niveau de l'eau. La hauteur des tours étant de 59,20 *m*, leur sommet est à 69,50 *m* au-dessus de l'eau.

Les garde-corps rigides sont d'une seule pièce chacun d'un bout à l'autre du pont; ils sont suspendus aux chaines; leur plate-bande inférieure a la forme d'une courbe avec la convexité au-dessus, comme une arche de pont; les garde-corps traversent les tours auxquelles ils sont reliés par des bielles de suspension. Les extrémités sont reliées de la même manière avec les massifs d'ancrage, de sorte que l'ensemble est absolument libre de suivre les effets produits par les variations de température.

Les chaines sont en acier Martin très carburé; le reste de la superstructure métallique est en acier à faible teneur de carbone.

Des marchés ont été passés en 1897-98 pour la totalité de la construction sur les bases suivantes :

Fondations, maçonnerie, etc.		2 860 000 *f*
Chaines, 4 273 *t* d'acier	2 874 000 *f*	
Tours, 2 064 *t*	1 095 000	
Autres parties métalliques, 2 065 *t*	1 855 000	
Acier forgé, 143,20 *t*	156 800	
Acier coulé, 298 *t*	291 000	
Fonte, 123 *t*	47 000	
Plomb, 24 *t*	13 800	
Divers	207 000	
		6 539 600
Ornementation		164 000
Appareils d'éclairage		20 000
Divers		1 020 000
Total		10 603 600 *f*

Ces différents chapitres figurent dans le total avec les proportions suivantes : fondations et maçonnerie 26,7 0/0, partie métallique 61, appareils d'éclairage 0,3, ornementation 2,5 et divers 9,5 0/0. Ces chiffres, comparés avec ceux du projet primé au concours, donnent une augmentation de 5,3 0/0, si on tient compte de la plus grande largeur donnée au tablier et si on prend les mêmes prix élémentaires pour les matières.

Après une étude très attentive du mode de fabrication à adopter pour les barres constituant les chaines, on décida de les faire par découpage dans des tôles d'acier laminées; on avait ainsi l'avantage de ne pas altérer le métal et le seul inconvénient était un notable déchet de matière qui pouvait toutefois être utilisé dans une certaine mesure.

Il y avait à faire 4 000 barres et l'importance du travail peut s'estimer par le fait que la longueur totale à découper atteignait environ 80 000 *m*.

Les barres ont 25 *mm* d'épaisseur, la largeur au corps est de 0,500 *m* et le diamètre aux têtes de 0,900 *m*. Le diamètre de l'œil est de 0,33 *m*

et la distance de centre en centre des œils de 9,30 *m*. Les barres d'amarrage n'ont que 5,85 *m* de longueur de centre en centre et leurs têtes ont une forme un peu différente pour s'appuyer contre les pièces servant à l'ancrage dans les massifs.

Le métal employé est, comme il a été indiqué précédemment, de l'acier Martin à forte teneur en carbone. La résistance à la rupture exigée était de 50 à 55 *kg* par millimètre carré, avec 20 0/0 d'allongement, dans le sens du laminage. Ces conditions s'appliquaient aux éprouvettes ayant une section transversale d'au plus 5 *cm*²; pour des sections supérieures, l'allongement devait augmenter à raison de 1 0/0 pour chaque centimètre carré de plus. Les barres devaient en outre satisfaire aux conditions suivantes :

1° Des échantillons de 50 à 75 *mm* de largeur devaient pouvoir être cintrés à froid sur un diamètre égal au double de l'épaisseur;

2° A la chaleur rouge ou bleue, ces échantillons devaient pouvoir être pliés à angle aigu et rabattus une partie sur l'autre sans présenter d'apparence de fissures.

L'acier employé devait être fabriqué au moyen de charges composées de 5 000 *kg* de fonte, de 2 500 *kg* de riblon de fer, de 5 000 *kg* de riblon d'acier, et de 800 *kg* de castine.

L'acier obtenu devait contenir 0,12 à 0,15 0/0 de carbone, 0,15 à 0,20 de silicium, 0,90 à 1 0/0 de manganèse et 0,03 à 0,05 0/0 de phosphore. On détachait du lingot la partie supérieure pesant environ 250 *kg* et on passait le reste au laminoir, d'abord en long, puis en travers. Une fois les barres laminées, on en coupait les deux extrémités pour ne se servir que du milieu, c'est-à-dire de la meilleure partie.

Dans la fabrication des barres, on n'a admis ni cisaillage, ni poinçonnage. Les œils ont été percés simultanément sur un certain nombre de barres s'ajustant les unes avec les autres au moyen de deux foreuses, une à chaque extrémité. Tous les trous devaient avoir rigoureusement le même diamètre, supérieur de pas plus de 1 *mm* au diamètre des broches qui réunissent les maillons. La distance de centre en centre des œils, mesurée à la température de 10° C., devait être constante à 1 *mm* près en plus ou en moins. Grâce aux précautions employées dans la fabrication, la longueur de la demi-chaine de la grande travée n'a différé de la longueur calculée que de 40 *mm*, tandis que la longueur totale entre les points d'amarrage a été rigoureusement la même.

Une fois les barres laminées et leurs bouts coupés de longueur, on les redressait dans une machine spéciale, puis on en traçait le profil, on découpait ensuite le pourtour à la machine à mortaiser et on enlevait l'excédent sur les parties droites à la meule. Les œils étaient ensuite percés, comme on l'a vu, simultanément sur un certain nombre de barres finies. Un transport par grues bien étudié réduisait au minimum le temps des opérations en évitant les fausses manœuvres. Les barres étaient ensuite peintes au minium.

On avait installé pour cette fabrication un outillage coûtant environ 450 000 *f*. Le travail était remarquablement soigné, comme on a pu s'en rendre compte à l'Exposition de Paris où un certain nombre de ces barres étaient exposées au Champ-de-Mars,

L'exécution de cet ouvrage a fourni une excellente occasion de faire une comparaison entre l'emploi des chaines et des câbles pour les ponts suspendus. Dans le projet avec les câbles, on avait admis un fil d'acier ayant une résistance à la rupture de 145 *kg* par millimètre carré et travaillant normalement à 33 *kg*, chiffre qu'on peut considérer comme assez élevé. On a employé, à Budapest, pour les chaines un métal ayant une résistance à la rupture de 50 à 55 *kg* et travaillant seulement à 14 *kg*, ce qui semble donner toute garantie de sécurité.

Avec les câbles, les liaisons de ceux-ci avec les garde-corps rigides et les amarrages donnent lieu à des difficultés assez sérieuses qui ne se présentent pas avec les chaines. Avec celles-ci toutes les surfaces du métal sont visibles et peuvent être préservées contre l'oxydation, ce qui n'est pas du tout le cas avec les câbles. Les chaines se prêtent mieux à donner un aspect architectural à l'ouvrage que les câbles qui sont trop maigres.

Le pont, tel qu'il est exécuté, pèse 68,1 0/0 de plus que le projet avec câbles, mais la largeur du tablier est plus considérable. La comparaison est plus exacte en se rapportant à l'unité de surface de tablier. Les câbles pèseraient 270 *kg* par mètre carré de tablier alors que les chaines pèsent 620 *kg*.

Au point de vue du coût d'établissement dans les deux systèmes, on peut dire ceci :

1° Avec les chaines le poids total de l'ouvrage est beaucoup plus grand qu'avec les câbles;

2° Le prix de l'unité de poids des câbles est de 91 0/0 plus élevé que celui des chaines;

3° Si on déduit de la dépense totale effectuée pour le pont de Budapest la moitié seulement du prix de l'outillage de fabrication, le coût ne dépasse que de 9,5 0/0 le coût du pont suspendu en câbles. Si, étant admis un emploi ultérieur de cet outillage, on défalque sa valeur entière, la différence entre le prix des deux systèmes devient insignifiante.

Le résumé qui précède est tiré de l'*Engineering Record.*

La machine compound de Roentgen à l'Exposition de 1900 *(suite et fin).*

III. Machine du Mosella n° 2. — Pour ce bateau, construit en 1840, Roentgen adopta une machine d'une disposition analogue à la précédente, mais ayant un cylindre à haute et un cylindre à basse pression. Ces cylindres sont inclinés, placés l'un d'un côté, l'autre de l'autre du bateau, et commandent chacun une roue indépendante; ils sont séparés par une chaudière tubulaire placée dans l'axe de la coque. Les arbres sont en fer et pleins, ils se prolongent jusqu'à l'extérieur du tambour, les roues n'étant plus en porte-à-faux. Les bâtis sont en tôle, la pompe à air est verticale et commandée au moyen d'un balancier par le bouton de manivelle de la machine à basse pression. Il y a deux ventilateurs

soufflant dans le cendrier, un de chaque côté de celui-ci (1); ces ventilateurs sont commandés par courroie avec un renvoi intermédiaire pour arriver à une vitesse suffisante, indiquée sur le dessin n° 8 à 1 088 tours par minute.

Les cylindres ont 0,343 et 0,635 *m* de diamètre, avec 1,830 *m* de course; le rapport des volumes est donc de 3,42, c'est-à-dire très peu différent de celui des machines précédentes, qui était de 3,5. Les tiroirs sont à pistons et placés sur les cylindres.

Les roues ont, d'après le dessin, 3,40 *m* de diamètre, et les aubes 1,83 *m* de longueur; ces aubes ont moins de hauteur au bord extérieur qu'au bord intérieur, probablement pour ne pas toucher le fond lorsque le bateau s'incline.

La largeur de la coque est indiquée à 4,80 et le creux à 2,56 *m*.

La chaudière est représentée en détail sur le dessin n° 8. C'est une chaudière type locomotive avec foyer en parallélipipède; les gaz, en sortant de la boite à fumée, circulent autour du corps cylindrique pour arriver à la cheminée qui enveloppe le dôme placé au-dessus du foyer. La grille a 1,15 *m* de longueur et très sensiblemont la même largeur, ce qui donne une surface de 1,33 m^2. Le corps cylindrique a 1,22 *m* de diamètre et contient 63 tubes en laiton de 68 *mm* de diamètre extérieur et 2,60 *m* de longueur. Le ciel du foyer est soutenu par trois fermes longitudinales en fer plat assujetties par des équerres latérales partielles, de sorte qu'il reste un intervalle entre le bas du fer et la tôle du foyer. Le cendrier est clos et l'air y arrive par deux boites latérales percées de trous pour bien répartir l'air. La pression est indiquée à 70 livres, soit 5 *kg*. Il est fait un grand usage de cornières dans la construction de ce générateur et il porte un trou d'homme de grandes dimensions sur le corps cylindrique. La surface de chauffe du foyer se trouve être de 6,50, celle des tubes de 34,60, et si l'on y ajoute les six dixièmes de l'enveloppe extérieure du corps cylindrique, chauffée par le retour des gaz, on arrive à un total de 50 m^2.

Avec une combustion de 200 *kg* par mètre carré de grille, taux très admissible au tirage forcé, on devait pouvoir brûler 270 *kg* à l'heure, et à raison de 7,5 *kg* de vapeur par kilogrammes de charbon, vaporiser 2 000 litres d'eau par heure, soit 40 litres par mètre carré de surface de chauffe.

Avec une dépense de vapeur de 15 *kg* par cheval indiqué et par heure, on devait développer 125 *ch*; nous supposons ici une certaine amélioration par rapport aux premières machines sous le double rapport de la distribution et de la protection contre le refroidissement, les cylindres étant placés sous le pont et tout près de la chaudière. Cette puissance correspond, à 25 (2) tours de roues par minute et 1,52 *m* de vitesse

(1) L'emploi de ce système de tirage artificiel n'était d'ailleurs pas nouveau à l'époque. Hallette parait l'avoir employé en 1829 sur des bateaux de la Garonne. On verra plus loin que la même année Ericsson l'appliqua sur sa célèbre locomotive *Novelty* et sur un bateau construit à Seraing. Enfin en 1838, les bateaux de la Basse Seine le *Castor* et le *Pollux* avaient des machines anglaises de Fairbairn avec des chaudières tubulaires et des ventilateurs soufflant sous les grilles.

(2) C'est le nombre rond qu'on trouve en divisant le nombre de tours des ventilateurs indiqué à 1 088 par les rapports des poulies de transmission. Ce nombre de tours correspond avec 15 0/0 de recul à une vitesse pour le bateau de 14 *km* à l'heure en eau calme.

des pistons par seconde, à une pression moyenne effective totale rapportée au piston B. P. de 0,50 de la pression à la chaudière. Tout cela est très admissible et la dépense de combustible correspondante serai de 2 *kg* en nombre rond par cheval brut et par heure.

Les dessins exposés suffisent largement pour prouver une fois de plus que Roentgen construisit dès 1830 des machines de bateau à haute e basse pression, absolument semblables comme mode de fonctionnement et disposition générale à celles que nous appelons aujourd'hui compound à réservoir; nous exprimerons toutefois le regret de ne pas avoir vu joindre aux dessins exposés quelques autres de machines plus récentes ou plus importantes de Roentgen. La Société des Chantiers de Fijenoord aurait pu envoyer, par exemple, le dessin de la machine du *Batavia*, construite en 1840 pour la marine coloniale néerlandaise; cet appareil comportait deux cylindres inclinés placés côte à côte, de 0,762 et 1,524 *m* de diamètre et 1,677 *m* de course. Ces cylindres avaient des enveloppes de vapeur. Il y avait quatre chaudières adossées avec une seule cheminée, ces chaudières tubulaires avaient un double retour de flamme par deux faisceaux de tubes superposés.

Cette machine est particulièrement intéressante parce qu'elle est du type établi pour les machines de la frégate française le *Vauban*, construites à Fijenoord en 1843, mais dans le mode de fonctionnement à basse pression. Nous reviendrons sur ces appareils.

Nous aurions aussi aimé voir exposé le dessin des machines des remorqueurs du Volga, construites en 1846 par Roentgen, dessin dont nous possédons une copie, que notre éminent collègue M. Kraft, de Seraing a bien voulu nous donner en 1892. Nous rappelons que M. Kraft a vu ces bateaux encore en service en avril 1890.

Nous avons dit quelques mots de ces machines dans la chronique de juin 1890, page 829; on nous permettra d'ajouter quelques mots à ce que nous en avons dit alors.

Les deux cylindres sont inclinés vis-à-vis l'un de l'autre, leurs axes forment un angle de 160°. Chacun commande le bouton d'une manivelle, les deux manivelles sont à 70° l'une de l'autre et leurs boutons sont reliés par une menotte. Les axes des deux cylindres sont écartés l'un de l'autre de 0,36 *m* dans le sens horizontal. L'arbre est à 3,10 *m* au-dessus de la partie inférieure de la coque. La machine occupe une très grande longueur, environ 18 *m*. Les bâtis sont en tôle et fonte. Les tiroirs sont à pistons et placés sur le côté des cylindres, avec leur axe dans le même plan horizontal, ou à très peu près, que les axes des cylindres. Les bielles ont 4 fois la longueur des manivelles. Le cylindre à haute pression a 31 pouces, 0,787 *m*, et le cylindre à basse pression avait, d'après une note manuscrite du dessin, primitivement 60 pouces, 1,525 *m*, mais on y a rapporté un tube intérieur qui réduit son diamètre à 55 1/4 pouces, 1,403 *m*; le rapport des volumes est donc de 3,20, la course des pistons est de 7 pieds, 2,135 *m*. Une particularité à signaler est que les plateaux avant et arrière des deux cylindres portent des soupapes de sûreté d'assez grand diamètre, chargées par des poids agissant à l'extrémité de leviers.

Il y a deux pompes à air verticales placées une de chaque côté et

actionnées par un arbre transversal oscillant recevant son mouvement de la crosse du piston B. P. Le réservoir intermédiaire est formé d'un long tuyau de 0,30 *m* de diamètre allant d'un cylindre à l'autre dans la partie inférieure de la machine. Les diverses manœuvres se font du pont. Une indication inscrite sur le dessin dit que le nombre de tours était de 20 par minute, correspondant à une vitesse de 2,135 *m* par seconde, vitesse considérable pour l'époque.

Le dessin porte quelques inscriptions en russe et quelques notes en français, ainsi que le titre également en français : Machine compound du remorqueur *Hercule* de la C[ie] Volga, construite en 1846 en Hollande. « Maatschappy Fijenoord Nederlandsche Stoomboot », par le constructeur Roentgen. Cette inscription ne doit pas être contemporaine du dessin original et doit avoir été mise sur le calque qui a servi à faire le bleu que nous possédons.

Une chose plus curieuse encore peut-être que le fait même de la construction par Roentgen de machines compound dès 1830 est que ce système de machine n'a jamais cessé depuis d'être en usage en Hollande et sur le Rhin. Quand nous vîmes pour la première fois, en décembre 1860, à Rotterdam, un appareil de ce genre sur un bateau (1) et que nous en parumes surpris, on nous fit observer que cette machine n'était pas du tout une exception et un essai, mais que ce système était fréquemment employé pour la navigation de la Meuse, de l'Yssel, du Rhin, etc. Nous ne pûmes malheureusement pas à cette époque, au cours d'une visite rapide et ne connaissant pas le hollandais, creuser la question comme nous l'aurions désiré.

L'ignorance presque complète de l'existence de ces machines tient surtout à ce que, pour des raisons que nous ne connaissons pas, il n'en a jamais été question dans les publications techniques. La seule qui paraît en avoir fait mention, en dehors du Bulletin de la Société de Mulhouse, tome 9, année 1836, et des *Leçons de mécanique appliquée*, par A. Morin, vol. III, p. 167, 1846, est le recueil, très rare aujourd'hui, de Nottebohm, intitulé : *Sammlung von Zeichnungen einiger Ausgeführter Dampfkesseln und Dampfmaschinen*, Berlin 1841, où se trouve le dessin de la machine du bateau du Rhin, *Kronprinz von Preussen*, dont la coque avait été faite en 1838 à Ruhrort et la machine à Sterkrade sur les plans de Roentgen. Cet appareil ressemblait beaucoup à celui dont avons donné un croquis dans notre mémoire de 1873, planche 61, figure 10, et qui serait la machine d'un autre bateau du Rhin, le *Prinz Wilhelm von Preussen*, construit à Sterkrade en 1836.

Quant à l'absence de publicité que nous venons de signaler, on peut l'attribuer, dans une large mesure, au fait que les machines de Roentgen n'étaient guère appliquées qu'à la navigation intérieure. Leur emploi à la mer était rendu à peu près impossible à cause des dépôts dans les chaudières. Après l'apparition des condenseurs à surface de Hall (2),

(1) Bulletin de la Société, 1873, p. 827.

(2) On trouve dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* du 25 juillet 1891, de curieux détails communiqués par M. Kraft, qui les a trouvés dans les archives de la Société Cockerill, sur une machine de bateau construite à Seraing en 1829, sur les plans d'Ericsson, avec chaudière tubulaire, tirage forcé par ventilateur et condensation par surface. On ne put pas arriver à faire fonctionner l'appareil pratiquement.

Roentgen fit, comme nous l'avons indiqué en 1889, un essai de condenseur de ce genre sur le bateau *Rotterdam*, en 1839, mais on ne put rendre étanches les tubes et ce condenseur dut être, au bout de peu de temps, remplacé par un condenseur ordinaire. Les seuls bateaux de mer construits par Roentgen avec des machines à haute et basse pression furent quelques navires pour les colonies hollandaises destinés à faire la chasse aux pirates et dits *roover boots*; ils avaient des chaudières à pression assez faible, et dès lors l'avantage du système devenait problématique. Il est probable que si des bateaux avec machines à haute et basse pression avaient fréquenté les ports de la Grande-Bretagne, les périodiques anglais, toujours très occupés des questions de navigation, en auraient fait mention. On peut signaler cependant à ce sujet un fait assez singulier. Un ingénieur suédois, Zander, appliqua en 1842 un système très analogue sur un bateau de la Tamise, l'*Era*. Les journaux techniques de l'époque, le *Mechanics Magazine*, vol. XXXVII, notamment, entrent dans de grands détails sur les résultats obtenus, lesquels donnèrent lieu à de longues discussions. Il semble étonnant que Roentgen, qui connaissait l'anglais et avait de nombreuses relations en Angleterre, ne soit pas intervenu pour faire connaitre qu'il faisait des machines semblables depuis douze ans. Probablement il était trop occupé à étudier et à construire des machines pour avoir beaucoup le temps de lire et surtout d'écrire.

Il est permis de se demander si la marine française, qui fit construire en 1843 deux grands appareils de 540 *ch* nominaux aux ateliers de Roentgen, n'eut pas son attention attirée sur les machines à haute et basse pression, soit par l'inventeur lui-même, soit par les ingénieurs chargés de la surveillance des travaux à Fijenoord.

Peut-être pourrait-on retrouver quelques documents à cet égard dans les archives du Ministère de la Marine. Quoi qu'il en soit, celui-ci était très mal disposé à cette époque pour l'emploi de hautes pressions, et non sans raison, on doit le reconnaitre en présence des très médiocres résultats de quelques tentatives qui avaient été faites sur des navires de la flotte.

Le génie maritime était franchement hostile à toute élévation des tensions au-dessus de quelques centimètres de pression effective. M. Hubert, le constructeur du *Sphinx*, dans un article inséré aux *Annales Maritimes* de juillet 1837, disait : « Les détails dans lesquels nous venons d'entrer suffisent pour faire reconnaitre tous les désavantages attachés à l'emploi de la vapeur à une pression un peu élevée, agissant aussi par détente ; ils tiennent au mode de propagation de la chaleur dans les corps, et se refusent, par conséquent, à toute idée de perfectionnement. »

M. Reech, dans son *Mémoire sur les machines à vapeur et leur application à la navigation*, Paris 1844 (1), s'exprime tout aussi nettement : « L'emploi des machines à haute et moyenne pression et à détente ne peut promettre aucun succès durable dans les applications à la naviga-

(1) C'est la date inscrite sur le titre, mais les diverses parties du mémoire portent les dates de 1837 et de 1838.

tion maritime et *même à terre;* il est fort douteux que, dans le plus grand nombre des cas et toutes les fois, notamment, qu'il s'agira de produire un mouvement de rotation, des machines de cette espèce puissent soutenir avantageusement la lutte avec des appareils perfectionnés à basse pression dans lesquels la détente commencera vers la moitié ou le tiers de la course. ».

Les idées de la marine n'avaient pas changé en 1843, car les appareils moteurs de 450 *ch* des paquebots transatlantiques commandés à cette époque furent encore munis de chaudières à galeries produisant la vapeur sous une pression absolue de 1,31 *kg* par centimètre carré, ce qui correspond à la pression de 4,5 *l* par pouce carré des Anglais. C'est même probablement, disons-le en passant, à cette prévention contre toute élévation des pressions en usage qu'on peut attribuer ce fait que la marine française ne fit alors aucun essai du condenseur à surface de Hall dont l'intérêt était presque nul avec la basse pression.

Puisque nous avons mentionné plus haut les deux machines de 540 *ch* fournies par Roentgen à la marine française, nous en profiterons pour donner sur ces machines quelques détails peu connus. C'est probablement parce que l'industrie nationale se trouvait très occupée, en 1843, par suite de la commande des machines de 450 *ch* des paquebots transatlantiques, commande partagée, comme on sait, entre les ateliers Cavé, Hallette et du Creusot, sans compter l'usine d'Indret, que la marine chargea Roentgen de la construction des machines de 540 *ch* nominaux destinées aux frégates à roues le *Vauban* et le *Descartes*. Le constructeur hollandais proposa son type à cylindres inclinés, copie agrandie de l'appareil moteur du *Batavia* dont nous avons parlé plus haut; mais le Ministère n'accepta, parait-il, ce modèle que pour un des deux appareils, l'autre devant être établi dans le type classique à balancier; on pourrait avoir ainsi les éléments d'une comparaison intéressante entre deux machines de systèmes différents provenant du même atelier de construction.

Nous avons retrouvé dans le *Mechanics Magazine* du 9 décembre 1843 (1), une note concernant ces machines, d'après un journal de Rotterdam du 14 novembre 1843. En voici la traduction : « Le président, le vice-président et le secrétaire de la Chambre de commerce et beaucoup de personnes respectables de la ville ont été voir à l'établissement de Fijenoord, près Rotterdam, les deux machines de 540 *ch* construites dans cet établissement et destinées à la marine française ; elles sont au nombre des plus grandes qui aient été faites jusqu'ici et en tout cas, les plus grandes faites sur le continent pour des navires. Les cylindres ont 208 pouces de diamètre et 228 de course ; les chaudières pèsent 120 000 livres et l'eau autant, l'appareil complet pèse 800 000 livres des Pays-Bas. Plusieus pièces pèsent 20 000 chacune et ont exigé 27 000 livres de fonte. Les diverses parties sont absolument sans défaut et leur ajustage est mathématique. La Commission française qui est venue inspecter

(1) Ce volume manque également dans la bibliothèque de la Société. Nous avons dû le consulter au Conservatoire des Arts et Métiers.

ces machines s'en est déclarée entièrement satisfaite et en a fait la réception pour le Gouvernement français. Plusieurs machines de même puissance doivent être faites dans le même établissement pour la marine française et seront prêtes au printemps prochain ; plusieurs de 100 à 300 *ch* ont été commandées pour la Russie. » Le journal anglais ajoute qu'il y a dans cet article des choses qui lui paraissent bien difficiles à accepter. Il veut parler évidemment du diamètre et de la course des cylindres qu'il a indiqués en pouces, alors que ce sont simplement des centimètres. Ainsi exprimés, ces chiffres correspondent bien aux dimensions réelles des cylindres, 2,08 et 2,28 *m*.

Les deux navires donnèrent de très bons résultats, mais si on s'en réfère aux indications contenues dans des ouvrages signés d'auteurs autorisés (1), on ne trouva pas que l'emploi de la connexion directe dans la machine du *Vauban* fit réaliser une réduction sérieuse dans les poids et l'encombrement par rapport au système à balanciers du *Descartes*. Cependant, les chiffres qui ont été publiés ne semblent pas justifier cette manière de voir.

La machine du *Vauban* pesait 700 *t*, avec les roues et les chaudières pleines, et développait à l'indicateur 1 320 *ch* environ, ce qui fait 530 *kg*, par cheval indiqué. Pour la même unité, la machine à balanciers du *Descartes* pesait 620 *kg* et on ne peut la considérer comme exceptionnellement lourde puisque, si on calcule le poids normal des machines à balanciers avec chaudières à galeries de l'époque, d'après la formule empirique que nous avons donnée, il y a une trentaine d'années, avec B. Normand, soit $220 + \frac{110}{n}$, n étant le nombre de tours par seconde, c'est-à-dire dans le cas dont il s'agit $\frac{16}{60} = 0,27$, on trouve 627 *kg*. La machine du *Vauban* pesait donc 90 *kg* de moins par cheval indiqué que celle du *Descartes*, soit, pour 1 320 *ch*, 120 *t*. Cette réduction dans le poids ne semble pas être aussi négligeable que paraissent l'avoir pensé les auteurs que nous venons de citer, car, employée à l'augmentation de l'approvisionnement de combustible, elle correspondrait, à raison de 3 *t* à l'heure, consommation constatée pour le *Descartes*, à 40 heures de chauffe à toute puissance, soit à la vitesse, également constatée, de 10 nœuds, à un parcours supplémentaire de 400 milles, ce qui représente à peu près exactement la distance de Toulon à Alger.

L'avantage est analogue au point de vue de l'encombrement ; si la machine inclinée à bielle directe a sensiblement la même longueur que la machine à balanciers, soit environ 4 1/2 fois le diamètre du cylindre, elle n'a qu'une largeur égale à ce diamètre, tandis que la machine à balanciers a 1 1/2. La différence, sur les deux côtés du navire donne une réduction d'espace occupé correspondant à peu près au poids de charbon indiqué plus haut. La machine du *Vauban* prenait un peu plus de

(1) Freminville : *Cours pratique de machines à vapeur marines*, p. 60 ; Ledieu : *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation*, tome 1, p. 614 et Paris : *Dictionnaire de marine à vapeur*, 1re édition. Les deux derniers auteurs estropient le nom de Roentgen et indiquent à tort que les deux machines du *Vauban* et du *Descartes* étaient à bielle directe et cylindres inclinés. L'ouvrage de Freminville donne un dessin de la machine du *Vauban*.

place que les machines verticales type *Gorgon* et autres alors en usage en Angleterre, mais elle avait sur celles-ci le sérieux avantage d'avoir une bielle de longueur égale à 4 fois celle de la manivelle, au lieu de 2 1/2 à 3 1/2 et de permettre de placer l'arbre des roues moins haut, condition très favorable à divers points de vue. Du reste, les rares bateaux à roues qu'on construit encore aujourd'hui ont tous des machines à cylindres inclinés et les moteurs compound qui les actionnent semblent des copies très agrandies des machines du *Batavia* et autres, remontant à soixante ans.

Nous avons donné dans la Chronique de décembre 1889, une liste de dix-huit bateaux portant des machines de Roentgen construites de 1830 à 1842; une liste d'appareils construits postérieurement à cette date à Fijenoord, liste dressée au moyen d'un registre tenu par M. Wolfson, ancien directeur de cet établissement et donnée dans l'article de l'*Engineer*, en contient sept autres; si on ajoute un certain nombre de machines faites à Sterkrade et autres fabriques allemandes ou hollandaises et la machine de la filature de Vieux-Thann, construite à Mulhouse, on peut évaluer à 30 ou 35 le nombre total des machines à double expansion et réservoir intermédiaire établies par Roentgen ou sur ses plans jusqu'au moment où ce système fut présenté comme une chose nouvelle en France et en Angleterre et rapidement adopté d'une manière définitive et générale.

Il est donc permis d'affirmer que Roentgen a eu le double mérite d'avoir inauguré ce système et d'en avoir fait de son vivant une large application.

Nous devons ajouter aussi celui d'avoir prévu et indiqué, dans ses patentes, les principaux perfectionnements qu'on a apportés depuis à la machine compound; le réchauffage intermédiaire, la triple et la quadruple expansion.

Ces faits commencent d'ailleurs à être assez généralement connus pour qu'on puisse s'étonner de voir dans des publications ayant un caractère officiel et toutes récentes des rédactions comme celles-ci: « La détente de la vapeur dans des cylindres successifs, machine compound, idée due simultanément à John Elder en Écosse et à B. Normand en France. » *Catalogue officiel de l'Exposition de 1900.* tome VI, Classe 33. Matériel de la navigation de commerce, p. 2, et « c'est le système à réservoir intermédiaire indiqué en 1834 par Ernest Wolff et dont le succès du *Furet* (1) inaugura l'adoption. » *Catalogue officiel*, tome IV, Classe 19. Machines à vapeur, page 9.

Cette dernière rédaction semble bien admettre qu'il y aurait eu quelque chose avant Elder et Normand, mais elle renferme une sérieuse inexactitude.

Nous avouons, en toute sincérité, être l'auteur de la confusion qui a fait prendre Ernest Wolff, l'agent en Angleterre de Roentgen, pour l'auteur de l'invention brevetée en 1834, alors qu'il n'était que le patenté, tout comme la maison André Kœchlin et C[ie], à Mulhouse, et cela faute d'avoir observé, en tête de la patente anglaise, la mention légale:

(1) C'est sur le *Furet* que B. Normand fit sa première application de la machine compound à réservoir en 1861.

« Communication d'une personne résidant à l'étranger. » Depuis cette erreur, commise dans notre mémoire de 1873, p. 823, et reproduite par plusieurs auteurs, nous avons fait tout notre possible pour rétablir la vérité, sans avoir pu y parvenir complètement, comme on vient de le voir.

C'est par une erreur semblable et faute d'avoir su qu'il s'agissait d'un *brevet d'importation*, que les organisateurs de l'intéressant musée centennal du Groupe IV, au Champ-de-Mars, ont fait figurer dans cette collection, en en faisant honneur à André Koechlin, le dessin du brevet français de 1834, pris au nom du constructeur de Mulhouse. Nous nous empressons, d'ailleurs, de reconnaitre que cette erreur est très excusable, car le premier coupable est la publication officielle du ministère : *Description des machines et procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation*, tome LIII, p. 314, où le brevet d'André Kœchlin, n° 6596, du 23 juillet 1834, est indiqué à tort comme brevet d'invention alors que c'est, en réalité, un *brevet d'importation*, comme on peut s'en assurer en consultant le brevet lui-même au Conservatoire.

Au sujet de ce brevet, nous placerons une observation importante. C'est avec raison que M. W. Pearce, l'auteur de l'article déjà souvent cité de l'*Engineer*, indique qu'une lecture attentive des brevets de 1834 fait voir, même en l'absence du nom de Roentgen, une communauté d'origine entre ces brevets et la transformation de la machine de l'*Hercule* en 1830. Le passage suivant est, en effet, très significatif : « Les deux cylindres peuvent travailler sur le même arbre à manivelles ou sur deux arbres différents qui réuniraient leur mouvement par des engrenages. »

Nous avons donné, dans notre note de décembre 1889, d'après diverses sources, des détails sur la carrière de Roentgen et sa triste fin. Nous croyons utile d'y ajouter quelques renseignements qui présentent d'autant plus d'intérêt que, depuis que le constructeur hollandais a été reconnu l'auteur de la machine à double expansion à réservoir intermédiaire, il a été soulevé à son sujet diverses questions. Nous avons tiré la plus grande pertie de ces renseignements d'un article de notre Collègue M. Eugène Brückmann, article paru dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* (13 août 1892).

On a discuté sur la nationalité de Roentgen; les uns le voulaient allemand à cause de son nom, les autres hollandais d'après sa carrière. Il est heureusement possible de mettre tout le monde d'accord, car si Roentgen est né Allemand, il est devenu et est mort Hollandais après avoir été même quelque temps Français. Voici comment. La famille de Roentgen habitait depuis 1753 Neuwied, près de Coblentz, dans la Prusse Rhénane. Son père, Ludwig Roentgen, avait d'abord appris l'horlogerie pour succéder à son père, il abandonna cette industrie pour suivre ses goûts et aller étudier la théologie à Tübingen; il devint ministre de l'église évangélique luthérienne, d'abord à Neuwied, puis à Esens, petite ville de la Frise orientale où, de son mariage avec Sophia Margaretha Fischbein, naquit, le 7 mai 1795, Gérard Maurice Roentgen, son quatrième fils.

La Frise orientale appartenait à la Prusse, elle fut réunie, en 1807,

au royaume de Hollande et, en 1810, à l'Empire français dont elle forma le département de l'Ems oriental. Cette province fut annexée au Hanovre après la paix. Le jeune Roentgen entra, à l'âge de treize ans. en 1808, à l'école de marine hollandaise à Enkhuisen et lors de l'annexion de la Hollande, passa comme aspirant dans la marine française; en 1814, il rentra au service hollandais comme cadet de 1re classe, pour passer bientôt lieutenant de marine de 2e classe. Ayant perdu la raison en 1849, il mourut, le 13 août 1852, dans l'asile d'aliénés de Meerenburg, près Haarlem.

Nous avons donné dans notre article de 1889, d'après *la Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie*, une partie d'une lettre adressée par M. Kraft à M. Dwelshauvers-Dery, à propos des travaux de Rœntgen. L'*Engineer* a reproduit, dans ses articles de 1891, des passages de la même lettre, qui ne se trouvent pas dans *la Revue Universelle*, et dans lesquels figure le renseignement suivant: « M. G. Pastor (ancien directeur de Seraing) pensait que Roentgen était israélite, parce qu'il en avait la physionomie caractéristique, et cette circonstance prenait quelque appui sur le fait de ses relations avec Ernest Wolff, israélite allemand ou hollandais, établi à Londres et qui était son correspondant (1). »

Il est à peine besoin d'ajouter que ces raisons perdent absolument la valeur très médiocre qu'elles pouvaient avoir, du fait indiqué plus haut que Roentgen était fils d'un ministre protestant.

On peut voir par ce qui précède combien sont hérissées de difficultés les recherches sur les origines des progrès scientifiques et industriels. Nous n'avons touché ici qu'à un petit coin de l'histoire de la machine à vapeur. A notre humble avis, celle-ci est encore toute à faire. Il y en a actuellement trois ou quatre, différentes suivant les pays. Ce serait une tâche bien digne des grandes Sociétés d'ingénieurs du monde que de s'entendre pour revoir ces histoires et en faire une seule, impartiale et digne de toute confiance.

La poste par pigeons. — Le *Scientific American* cite un exemple, qu'il croit être unique, d'un service postal régulier et périodique effectué au moyen de pigeons. C'est dans la Nouvelle-Zélande, entre Auckland et l'ile voisine Great-Barrier, située à 60 milles au nord de cette ville, L'ile est difficilement accessible; elle compte peu d'habitants, qui sont occupés à des travaux de mines et qui n'avaient avec la terre qu'une communication par bateau par semaine, lorsqu'en 1896 on eut l'idée de relier l'ile à Auckland par un service de pigeons.

A l'origine, le service n'avait lieu que dans un sens, c'est-à-dire qu'on portait en bateau les oiseaux dans l'ile, d'où ils revenaient en volant jusqu'à Auckland. Cette solution était très imparfaite et peu satisfaisante. M. Fricker, qui avait eu l'idée de cette application et le mérite de l'avoir mise à exécution, réussit à la compléter en installant le double service au moyen d'oiseaux dressés à faire le voyage inverse de celui accompli par les premiers.

Les pigeons mettent, en général, de 64 à 70 minutes pour faire le

(1) C'est le titulaire de la patente anglaise de 1831.

trajet; cela dépend, d'ailleurs, du temps et surtout du vent. A l'origine, le message coûtait 2,50 *f*; depuis, on a pu faire porter quatre messages à la fois à chaque oiseau, et le prix est descendu à 0,60 *f* entre l'île et Auckland et à 1,20 *f* dans le sens inverse. On explique cette différence par la plus grande difficulté qu'il y a à dresser les pigeons pour les faire s'éloigner de la terre ferme.

Les messages sont écrits au crayon sur un papier spécial très léger; ils sont pliés et fermés avec les timbres de l'agence postale, puis enroulés autour de la patte de l'oiseau et recouverts d'une enveloppe imperméable destinée à les préserver non seulement de l'humidité, mais encore du bec du porteur qui pourrait chercher à s'en débarrasser.

Lorsque le pigeon est arrivé à destination, il pousse la trappe qui donne accès à l'antichambre du pigeonnier; cette trappe fait sonner une cloche qui avertit l'employé de service, lequel enlève à l'oiseau sa charge et le laisse entrer au pigeonnier.

Ce service emploie une centaine de pigeons; il est officiellement reconnu par le Gouvernement de la Nouvelle-Zélande et le Gouvernement impérial comme service postal régulier entre la Nouvelle-Zélande et l'île. Il possède ses timbres-poste particuliers pour l'affranchissement des messages. On prévoit que, même si dans l'avenir on venait à établir une communication télégraphique entre les points desservis, la poste par pigeons serait conservée, parce que le message transmis actuellement pour 0,60 *f* et même pour 1,20 *f* peut contenir assez de mots pour que le même message transmis télégraphiquement coutât dix à douze fois plus. Cet avantage est certainement suffisant pour qu'on continue à se servir de ce mode de communication.

La fabrication de l'indigo artificiel. — A l'occasion de l'inauguration de l'hôtel de la Société allemande de Chimie, à Berlin, le docteur Brunck, directeur général de la Badische Anilin und Soda Fabrik, a fait une communication sur la fabrication de l'indigo artificiel ou indigo synthétique.

L'auteur de la communication commence par faire observer que l'indigo artificiel présente de nombreux avantages sur l'indigo naturel: sa composition est uniforme, on sait absolument ce qu'on achète; il est plus facile à employer par des ouvriers médiocres que l'autre indigo: il se réduit plus aisément dans les opérations de la teinture. Malgré ces avantages réels, l'indigo artificiel a eu beaucoup à lutter. On faisait à son emploi des objections singulières, ainsi on disait que les impuretés de l'indigo naturel jouaient un rôle essentiel en teinture, on prétendait que l'indigo artificiel n'était pas un produit de fabrication, mais simplement de l'indigo naturel raffiné, certains disaient même que ce n'était pas de l'indigo, car l'idée que le même composé au point de vue chimique peut être obtenu indifféremment d'une plante ou de la combinaison artificielle de plusieurs éléments est une chose qui n'est pas admise facilement par beaucoup de gens. On était donc porté à ranger l'indigo artificiel parmi les couleurs dérivées de l'aniline. Mais ces préventions ont dû céder devant une connaissance plus approfondie des faits.

Le développement de la fabrication de l'indigo artificiel a été prodigieux. La fabrique badoise a consacré plus de 20 millions de francs à l'installation de ses ateliers et laboratoires pour la production de l'indigo; mais on calcule qu'actuellement la quantité produite annuellement à Ludwigshafen représente la récolte de plus de 100 000 *ha* de terrain dans l'Inde. En juin 1897, la Compagnie s'était bornée à une installation suffisante pour une production correspondant à la consommation de l'Allemagne, mais facile à étendre en cas de besoin. A cette époque le succès n'était pas encore certain, on ne savait pas si les prix de l'indigo naturel ne pourraient pas être abaissés de manière à créer une concurrence désastreuse et, enfin, on pouvait, en cas de succès, voir se présenter des procédés rivaux de fabrication. Ces craintes ne se sont pas réalisées, et les ateliers se sont successivement développés au point d'atteindre l'énorme production qui vient d'être indiquée.

D'après l'auteur, cette nouvelle fabrication n'a rien à craindre de la concurrence de l'indigo des Indes, et il pense que les terrains affectés à cette culture pourraient être bien plus avantageusement employés à produire des substances alimentaires qui rendraient de grands services dans les famines qui se produisent périodiquement dans ces contrées. C'est une question qui présente un immense intérêt et dont le Gouvernement indien devrait se préoccuper. Le docteur Brunck ne se dissimule pas, toutefois, que certaines personnes pourront supposer que ses conseils, dans cet ordre d'idées, ne sont pas absolument désintéressés.

La fabrication de l'indigo artificiel a d'abord été tentée par le procédé d'Adolphe de Baeyer, prenant pour matière première l'hydrocarbure des goudrons de houille, connu sous le nom de toluène. Mais cette méthode n'avait pas de chances d'aboutir sérieusement en pratique, parce que la quantité de toluène dont on peut disposer étant limitée, on ne pourrait pas fabriquer ainsi le quart de la quantité consommée annuellement.

Il en est tout autrement avec le procédé employé par la Badische Anilin und Soda Fabrik, le procédé Heumann qui part de la naphtaline qu'on peut avoir en quantités illimitées. Cette matière est oxydée par son traitement avec l'acide sulfurique très concentré et transformée en acide phtalique. Celui-ci est, dans une opération suivante, converti à son tour en acide anthranilique puis combiné avec de l'acide chloracétique et le produit, traité par de la soude caustique, et oxydé au contact de l'air, donne l'indigo. Le conférencier a développé les réactions successives et les diverses phases de la fabrication.

Bien qu'au début de la préparation industrielle, la fabrique badoise fût en possession du meilleur procédé connu alors pour la production de l'acide phtalique anhydre, ce procédé n'était pas suffisamment économique pour être appliqué à la fabrication de l'indigo, et un des chimistes de la fabrique imagina une nouvelle méthode permettant d'obtenir l'acide phtalique par l'oxydation de la naphtaline au moyen de l'acide sulfurique concentré en présence de sels de mercure.

Ce procédé, dans lequel l'acide sulfurique est réduit à l'état d'acide sulfureux, dépend pour sa réussite commerciale, de la possibilité de régénérer, d'une manière économique, l'acide sulfurique concentré au

moyen de l'acide sulfureux. On emploie à cet effet la méthode catalytique bien connue de la Compagnie badoise (1), dans laquelle l'acide sulfureux est oxydé par l'oxygène de l'air. L'importance de l'application de cette méthode peut être appréciée par le fait que, dans la fabrication de l'acide phtalique anhydre pour la préparation de l'indigo, on produit annuellement de 35 000 à 40 000 *t* d'acide sulfureux qui sont converties en acide sulfurique. La fabrique badoise compte actuellement au nombre des plus grands producteurs d'acide sulfurique du monde.

Pour la conversion de l'acide phtalique anhydre en acide anthranilique, on emploie de grandes quantités de chlore et il faut également du chlore pour la production de l'acide chloracétique, tandis qu'il faut aussi de l'alcali caustique pour la production de l'indigo. On doit donc se préoccuper d'obtenir économiquement ce chlore et cet alcali. On a essayé à cet effet un procédé électrolytique, mais on a rencontré une difficulté dans la pureté insuffisante du chlore obtenu. Heureusement un chimiste de la fabrique a imaginé une méthode qui permet de purifier le chlore en le liquéfiant et on s'en sert en grande partie dans les réactions à l'état liquide. C'est après toutes ces opérations préliminaires et accessoires que commence la fabrication proprement dite de l'indigo par le procédé Heumann.

Fabrication du verre avec les laitiers de hauts fourneaux. — Notre Collègue, M. P. François, à Longwy, nous adresse la communication suivante sur une question qui présente de l'intérêt.

« Ne pourrait-on pas, en traitant les laitiers d'une façon spéciale, obtenir du verre à bouteilles ou à vitres ?

Examinons d'abord les différentes matières entrant dans la composition du verre et comparons-les avec celles qui composent les laitiers.

Silice. — La silice est employée sous différents états et à différents degrés de pureté : Le cristal de roche ou silice pure cristallisée, le grès qui n'est autre chose qu'un sable agglutiné pur ou ciment calcaire ou argileux, le quartz hyalin qui est le sable blanc employé en France et en Bohème, le silice pyromaque que l'on désigne aussi sous le nom de pierre à fusil et les cailloux que roulent certaines rivières.

Nous traitons aux hauts fourneaux des cokes renfermant dans leurs cendres de 38 à 40 0/0 de silice, des minerais qui en contiennent de 12 à 15 0/0, des calcaires et castines en renferment de 8 à 10. Cette silice nous la retrouvons dans la fonte et en grande partie dans les laitiers suivant la marche des hauts fourneaux; nous trouvons dans certains laitiers de 30 à 40 0/0 de silice.

Les autres matières entrant dans la composition du verre sont des bases ou fondants, nous en trouvons une certaine partie dans les laitiers.

Chaux. — Dans la fabrication du verre, la chaux est employée par les verriers, tantôt sous la forme de carbonate, tantôt sous celle de chaux éteinte; elle entre dans la composition de tous les verres à l'exception du cristal.

(1) Chronique de Juillet 1900, page 104.

Les matières premières traitées au haut fourneau contiennent une certaine quantité de chaux que nous retrouvons dans les laitiers, ceux-ci renferment de 40 à 50 0/0 de chaux.

Alumine. — L'alumine est employée dans la fabrication du verre à l'état de silicate d'alumine ou de kaolin.

Les laitiers de haut fourneau renferment de 12 à 18 0/0 d'alumine. Restent l'oxyde de fer en proportion de 1,20 à 2,5 0/0 dans les laitiers et le manganèse en proportion de 0,50 à 1,30.

Nous trouvons donc dans les laitiers la silice, la chaux, l'alumine, l'oxyde de fer et le manganèse ; il nous manque le carbonate de chaux, l'acide arsénieux et le minium, celui-ci pour la fabrication du cristal ou du flint-glass.

Le mélange employé pour la fabrication du verre à vitre s'écarte peu de celui-ci :

Sable fin ou grès	100 parties
Carbonate de soude	33 à 40 —
Chaux	25 à 35 —
Manganèse	0,5 —
Acide arsénieux	0,5 —
Groisil	quantité variable.

Les 100 parties de grès renferment environ de 1 à 2 0/0 d'oxyde de fer et de 8 à 10 0/0 d'alumine.

Etant donné ce mélange, prenons 100 *kg* de laitier correspondant à la fonte de moulage n° 4 à peau rugueuse, nous y trouvons environ :

45 *kg* de silice ;
35 *kg* de chaux ;
10 *kg* d'alumine ;
1,5 *kg* d'oxyde de fer ;
0,5 *kg* de manganèse.

Ajoutons à cela de 50 à 55 *kg* de sable blanc, de 33 à 40 *kg* de carbonate de soude, 0,5 *kg* d'acide arsénieux et une certaine quantité de groisil, nous aurons assurément un mélange apte à faire du verre à vitre. Nous gagnons donc 50 °/₀ de sable, toute la chaux, tout le manganèse, l'alumine et l'oxyde de fer.

D'autre part, des fours à verre construits spécialement et installés à proximité des hauts fourneaux pourraient être chauffés avec les gaz de ces hauts fourneaux, d'où économie de combustible. »

M. François ajoute qu'il a fait quelques essais et obtenu des résultats satisfaisants. Bien qu'il manquât d'appareils appropriés et d'outils, il a obtenu un bloc de verre brut très dur et très transparent.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1900.

Notice nécrologique sur M. S. JORDAN, par M. P. BUQUET.

État financier de la Société. — Rapports de MM. DAUBRÉE et SIMON.

Rapport de M. ED. SIMON sur les perfectionnements apportés à **l'apprêt des tissus,** par Mme Ve RESTIGNAT, à Courbevoie.

Rapport de M. H. LE CHATELIER, sur **le tube broyeur Dana.**

Cet appareil se compose d'un tube horizontal tournant autour de son axe et contenant des galets de silex qui servent à broyer les matières qu'on y introduit. Ce qu'il y a de particulier, est que le fonctionnement est continu, on introduit la matière par un des bouts et elle sort par l'autre extrémité qui forme tamis, l'introduction a lieu au centre et la sortie à la partie inférieure. Cet appareil est déjà très employé dans l'industrie des ciments.

Les marines de guerre modernes,, par M. DE CHASSELOUP-LAUBAT *(suite)*. — Cette partie est relative à l'Autriche.

La plaine de Caen, par M. GUENAUX *(suite)*. — Cette partie s'occupe de l'élevage du demi-sang anglo-normand et contient des considérations développées sur l'importance de l'industrie chevaline dans la plaine de Caen.

Notice monographique sur **les ordures ménagères de Paris,** par M. PAUL VINCEY. — C'est la suite d'un article paru dans le bulletin d'août. Nous rappelons que cette question a été traitée devant notre Société par l'auteur lui-même, voir *Bulletin* de juin 1900 (1re quinzaine) page 643.

Sur la fonte malléable, par M. H. LE CHATELIER. — L'auteur rappelle que l'industrie de la fonte malléable, basée sur une propriété découverte par Réaumur, a perdu une partie de son importance par suite de la concurrence des moulages d'acier.

Il y a deux procédés d'adoucissement de la fonte, l'un qui donne la *fonte malléable* et qui est employé en Europe, consiste en un recuit de la fonte en présence d'oxyde de fer. L'autre, employé aux États-Unis, et qui donne la *fonte à cœur noir*, consiste à recuire le métal pendant un temps beaucoup plus court à une température voisine de la fusion.

Les conditions pratiques pour obtenir, d'une façon industrielle, l'adoucissement de la fonte au moyen d'une seule réaction sont exposées dans un mémoire de M. Ch. James, paru dans le *Journal of the Franklin Institute*, et dont un extrait est donné ici.

Adresse du Président de l'*Iron and Steel Institute*, Sir W. Roberts Austen, lu à la réunion à Paris de l'Institut, en septembre 1900.

Notes de mécanique, — On y trouve des descriptions de la haveuse Mitchel, de l'appareil de manutention Wellman et Seaver pour fours de verrerie, une note sur le rendement des pompes à vapeur américaines, et une note de M. J. Meunier sur les mélanges explosifs formés par l'air et par les vapeurs des hydrocarbures des principales séries organiques.

Novembre 1900.

Rapport de M. Ed. Collignon sur **les machines élévatoires** de M. Samain.

C'est une machine à colonne d'eau pouvant fonctionner sous de faibles chutes et actionnant directement une pompe ; le tout est combiné de manière à ne former qu'un seul appareil. Une de ces machines, établie à Versailles, fonctionne sous une chute de 1,50 *m* et élève l'eau à 28 *m*, avec un rendement de 72 0/0 en moyenne. Une autre machine, installée à l'usine de la ville de Paris, rue de la Convention, pour l'élévation des eaux vannes, fonctionne avec de l'eau sous la pression de 33 *kg* et consomme 64 litres pour élever 4 500 litres à 4 *m*; le rendement serait donc de 85 0/0.

Le fer et l'acier au point de vue de la doctrine des phases, par M. W. Bakhuis Roozeboom, traduit par F. Osmond (Extrait du *Zeitschrift für physikalische Chemie*).

Il s'agit de l'étude des transformations des alliages solides de fer et de carbone. Ce travail, très développé, est suivi d'observations de MM. Osmond et N. Le Chatelier.

Dégradation des mortiers dans les liquides salins, par M. Deval.

Des tablettes de 2 *mm* d'épaisseur ont été taillées dans des briquettes de ciment pur de Portland ayant séjourné dans l'eau pendant sept jours, trois mois et six mois, et ont été placées les unes dans une solution de sulfate de magnésie à 6 grammes par litre, les autres dans une solution saturée de sulfate de chaux.

Ces essais ont montré que :

1° Les mortiers de ciment de fraîche date s'altèrent plus vite dans les solutions salines que ceux de plus vieille fabrication ; ces résultats sont conformes aux indications de Vicat.

2° Les dégradations apparaissent de préférence sur les arêtes des angles les plus aigus, ainsi qu'aux sommets les plus aigus des éprouvettes.

Filetage international.. — Ouverture de clefs pour les vis du système international, par M. E. Sauvage.

Une commission spéciale avait été chargée par le Congrès international de Zurich d'élaborer des règles accessoires concernant les dimen-

sions des écrous et des têtes de boulons. Un tableau annexe donne ces ouvertures pour tous les diamètres normaux.

Notes de mécanique., — Nous citerons la fabrication des billes à la Steel Ball Cy, à Chicago, la fabrication [des conveyeurs hélicoïdaux, la raboteuse radiale de Newton, la machine Einfeldt à fabriquer les roues en fer, et une note de M. Ch. Fremont sur les lignes superficielles apparaissant dans le sciage des métaux.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e TRIMESTRE DE 1900 *(Suite)*

Déformations et conditions de la rupture dans les corps solides, par M. HAREL DE LA NOE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

De l'étude de la déformation des corps solides dans les diverses conditions des essais, il parait se dégager ce fait d'une importance considérable au point de vue théorique, c'est que la distribution des déformations dans les corps solides, au moins pendant la période où l'équilibre de ces corps est stable, semble s'accomplir suivant une loi simple, qui est à peu près la même pour tous les corps et qui dépend assez peu de leurs propriétés physiques. Ainsi les propriétés géométriques des traces superficielles de la déformation sont générales pour tous les métaux et s'appliquent aussi bien à un corps mou, tel que le plomb, qu'à un métal dur, malléable ou cassant ; on peut, par exemple, en étirant à la main une lame de plomb, y voir apparaître les strictions élémentaires régulières avec l'angle caractéristique. Le mode de rupture d'un prisme en béton comprimé est le même que celui d'un barreau métallique, et l'angle de glissement mesuré par M. Durand-Claye y a la valeur moyenne observée pour les strictions et les cassures des différents métaux. Si, d'ailleurs, la diversité des phénomènes qui précèdent la rupture pour les divers corps est très grande, il n'en est pas moins vrai qu'il est possible de rattacher ces phénomènes à des causes simples et générales.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'exercice 1898.

Nous avons résumé ce bulletin d'après les *Annales des Mines* dans les *Informations Techniques* de mai deuxième quinzaine, page 323.

Note sur **le Nouveau système de fermeture des écluses à grande chute** du canal de Roanne à Digoin, par M. MAZOYER, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

On a établi sur ce canal trois écluses ayant des chutes de 6 à 7,20 *m* de chute, les vantaux des portes arrivent à avoir des hauteurs considérables et pour les portes aval de l'écluse de Bourg-le-Comte, la hauteur totale s'élève à 9,98 *m*. On a été conduit à diviser en deux parties la

fermeture comme à l'écluse de la Villette, mais au lieu de faire en maçonnerie la partie fixe de cette fermeture, on l'a construite en métal. Les deux vantaux mobiles pèsent 20,260 *kg* et le masque fixe 13,360 *kg*. Ces portes se manœuvrent très facilement.

Notice sur **les Tramways de Limoges** par M. Deloge, Ingénieur des ponts et chaussées.

Ces tramways, mis en exploitation au milieu de 1897, se composent de cinq lignes tracées de façon à entourer complètement la ville ancienne en suivant le tracé des principaux boulevards et à détacher des prolongements dans chacun des principaux faubourgs très importants et très populeux de la ville.

Le développement total est de 12,500 *m* environ. La plus forte déclivité est de 71 0/00, mais sur 46 *m* seulement, mais il y a 570 *m* sur 46 à 50 et 815 *m* sur 41 à 45, sans parler des déclivités inférieures. Le plus petit rayon en pleine voie est de 20 *m*.

La voie est constituée par un rail à ornière de 40 *kg* avec entretoises distantes de 2,10 au milieu du rail qui a 12 *m* et de 1,50 *m* vers les joints.

L'usine génératrice contient trois chaudières à bouilleurs de 76 m^2 de surface de chauffe chacune et deux machines horizontales à un seul cylindre chacune à condensation tournant à 93 tours. Ces machines actionnent deux dynamos compound tournant à 325 tours et donnant 360 ampères sur 550 volts.

Le courant est distribué par fil aérien et le retour se fait par les rails convenablement reliés ensemble.

Le matériel roulant se compose de voitures automobiles actionnées par deux moteurs bipolaires excités en série et pouvant développer 25 chevaux à la jante des roues à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure. Ces voitures ont un compartiment intérieur de 18 places et deux plates-formes pour 16 personnes chacune, total 50 places. Il y a des voitures de remorque à 44 places.

Le coefficient moyen d'exploitation pour les trois années 1897-1898 et 1899 est d'environ 68 0/0, chiffre qui paraît devoir rester constant. La dépense d'établissement a été à forfait de 2160000 *f*, ce qui fait, en moyenne et tout compris, 173000 *f* par kilomètre.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Novembre 1900.

Réunion de Saint-Étienne.

Annexe du 4 août 1900.

Visite des Établissements de la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer à Saint-Chamond.

Nous nous bornerons à signaler parmi les objets les plus intéressants

l'installation pour la trempe verticale et le recuit des gros canons comportant un four de 21 *m* de hauteur et un puits de trempe de même profondeur. On peut disposer pour chaque opération de 200 m^3 d'huile ou d'eau.

La grosse forge contient une presse à forger dont la puissance a été portée à 6 000 *t*; elle possède deux pistons de 1 *m* de diamètre et 2,25 *m* de course et deux pistons releveurs de 0,24 *m* de diamètre et de 2,25 *m* de course. Il y a quatre colonnes en acier forgé de 570 *mm* de diamètre qui sont creuses et servent de conduites à l'eau sous pression. La pression maxima de l'eau est de 400 *kg* par m^2. La presse pèse complète 425 *t* dont 120 pour le bâti en deux pièces.

L'atelier de fabrication des tôles et blindages contient un train à blindages actuellement en construction pouvant laminer des lingots de 60 *t* permettant d'obtenir des plaques de 4 *m* de largeur, les cylindres doivent avoir 1,25 *m* de diamètre et 4 *m* de longueur, le laminoir sera actionné par une machine à trois cylindres de 1,40 *m* de diamètre et 1,50 *m* de course.

L'atelier d'usinage, tout récent, contient du gros outillage pour le travail des canons et arbres de grandes dimensions, ainsi que des tours pouvant être transformés de manière à arriver à 45 *m* entre pointes et un tour à plateau pouvant travailler des pièces de 8 *m* de diamètre.

Séance du 10 novembre 1000.

Résumé d'une conférence faite par M. Leclère, Ingénieur en chef des mines le 22 août 1900, au Congrès des Sociétés Françaises de Géographie.

L'auteur a exposé dans sa conférence le résultat d'une mission dans les provinces chinoises voisines du Tonkin faite en vue du prolongement des voies ferrées de cette colonie. Un des résultats les plus remarquables est la découverte de gisements très étendus de houille grasse, combustible inconnu non seulement au Tonkin, mais encore en Chine, contrée pourtant exceptionnellement riche en houille. Cette houille se trouve sur les bords mêmes du fleuve Rouge et est exploitée depuis les temps les plus reculés. L'analyse faite à Paris a indiqué une teneur de 30 à 38 0/0 en matière volatile avec un pouvoir calorique de 7 500 calories.

Nouveau mode de construction des hauts fourneaux d'après le *Stahl und Eisen.*

Le four est tout entier construit en métal avec des anneaux successifs de 1 à 1,50 *m* de hauteur formés de segments. Les joints sont étanches grâce au travail opéré sur les faces en contact et à un garnissage d'amiante. Le revêtement intérieur est un garnissage de terre réfactaire. Avec une épaisseur suffisante pour ce garnissage, la perte de chaleur par refroidissement extérieur ne présente pas d'inconvénients. Il existe un haut fourneau de ce genre à l'usine Vulkan, à Duisbourg.

Fermeture automatique d'un magasin souterrain de dynamite à Witkowicz.

Ces fermetures ont été installées dans le système indiqué par la Com-

mission française des explosifs; elles se composent d'un tampon en briques et ciment muni d'une ouverture de 1,50 *m* de diamètre avec une porte métallique à charnière portant un anneau de feutre pour assurer l'étanchéité du joint. Ce clapet est normalement à demi fermé, il suffit pour le fermer entièrement d'une différence de pression de $^1/_{10}$ d'atmosphère entre ses deux faces. Il peut supporter une pression de 21,7 *atm* soit 353 *t*. Le prix d'établissement est d'environ 800 *f*.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 46. — *17 novembre 1900.*

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

La construction des ponts en Allemagne au XIX[e] siècle, par G. Mehrtens *(fin)*.

Aperçu sur la production de la force au moyen du gaz, par A. Wagener *(fin)*.

Quelle relation y a-t-il entre la limite d'élasticité et la résistance à la rupture des matériaux? par O. Mohr *(fin)*.

Développement des efforts dans la rotation d'une meule, par M. Ensslin.

Groupe de Carlsruhe. — Expériences comparatives entre des ventilateurs et des souffleries rotatives.

Groupe du Rhin inférieur. — Formation et séchage de la vapeur humide.

Bibliographie. — Manuel d'électrotechnique, par F. Niethamer. — Manuel d'électrochimie par M. Le Blanc.

Revue. — Nouvelle construction de hauts fourneaux.

N° 47. — *24 novembre 1900.*

Tuilerie et briqueterie de la Société Union à Schermbeck, près Wesel, par N. Seifert.

Nouvelle forme de réservoir pour liquides, par G. Barkhausen.

Exposition universelle de 1900. — La technique des courants à haute tension, par R. M. Friese *(suite)*.

Emploi de l'électricité sur les navires de guerre *Kearsage* et *Kentucky*, de la marine des État-Unis, par O. C. Rœdder.

Exposition universelle de 1900. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Chauffage et ventilation dans les nouvelles constructions de l'hôtel de la Maison Rouge.

Groupe de Hanovre. — Chauffage au combustible liquide.

Bibliographie. — Manuel de meunerie et de construction des moulins, par F. Baumgartner.

Revue. — Tour de la Lodge and Thipley Machine Tool Cy. — Les récompenses à l'Exposition universelle de 1900.

N° 48. — *1er décembre 1900.*

Pont de chemin de fer sur le Rhin à Worms, par Geibel.

Deuxième réunion générale à Francfort de la Société technique de construction navale.

Bibliographie. — Problème kinétique de technique scientifique, par K. Heusz.

Revue. — Amélioration du Canal de Suez. — Explosions de chaudières dans l'Empire allemand en 1899.

N° 49. — *8 décembre 1900.*

Exposition universelle de 1900. — Les moteur à explosion, par Fr. Freytag *(suite)*.

Nouvelle forme de rèservoir pour liquides, par G. Barkhausen *(fin)*.

Exposition universelle de 1900. — Épuration des eaux potables par l'ozone, par Thomae.

Emploi de l'électricité sur les navires de guerre *Kearsage* et *Kentucky* de la marine des États-Unis, par O. C. Rœdder, *(fin)*.

Compteur de vapeur de Sohre, par L. C. Wolff.

Exposition universelle de 1900. -- Chauffage et ventilation, par H. Fischer.

Règlements pour ascenseurs, par B. Hennicke.

Groupe de Chemnitz. — Vérification des ressorts d'indicateurs.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — Élévateurs à plan incliné pour navires.

Revue. — Explosions de chaudières dans l'Empire Allemand en 1899 *(fin)*.

N° 50. — *15 décembre 1900.*

Exposition universelle de 1900. — Les locomotives et wagons, par E. Brückmann.

Machines d'épuisement à pression d'eau, par Fr. Frölich.

Transmission du calorique par les surfaces de chauffe, par L. Holborn et W. Dittenberger.

Expériences de rendement sur un moteur à benzine pour automobiles, par N. Güldner *(fin)*.

Emploi des fiches de classification dans les ateliers de construction de machines, par A. S. Oesterreicher.

Groupe de Bavière. — Nouvelle installation d'électricité pour éclairage et distribution de force de la gare centrale de Münich.

Bibliographie. — Le bouclier et les méthodes nouvelles de percement des souterrains, par René Philippe.

Revue. — Réforme des écoles supérieures en Prusse. — Les machines et chaudières à vapeur en Prusse en 1900.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Cubature des terrains et mouvements de terre,
par Bertrand SAINT-PAUL (1).

Ce traité s'adresse surtout aux candidats au grade de conducteur et d'agent voyer.

Il débute par un exposé succinct de l'établissement et du tracé des routes, et termine par la détermination des formules de transport par brouette, camion et tombereau avec des indications trop sommaires sur le transport par grands wagons ; il passe sous silence l'étude des transports par voies portatives dont l'usage se répand de plus en plus.

Par contre, il étudie en détail la méthode classique du calcul des terrassements et du mouvement des terres plus spécialement appliquée aux routes avec la discussion des cas particuliers et des exemples numériques tirés des concours d'admission.

Il passe en revue quelques-unes des autres méthodes enseignées dans les cours officiels telles que les tables numériques de Corcolis, de Lefort, de Lalanne, mais il laisse de côté les nombreux procédés expéditifs que la nécessité de faire économiquement et surtout très vite les études des grandes entreprises ont fait imaginer, il ne fait pas même mention des anamorphoses de Lalanne employées dans les travaux de l'État.

En un mot, c'est un ouvrage consciencieux qui parait avoir eu tout spécialement en vue de répondre au programme des examens des Ministères des Travaux publics et de l'Intérieur, ainsi que du service de la voirie de la Ville de Paris.

R. LE BRUN.

IIe SECTION

Traité pratique des Chemins de fer d'intérêt local et des Tramways, par Pierre GUEDON, Ingénieur, Chef de traction à la Compagnie générale des Omnibus (2).

Nous avons déjà eu le plaisir de présenter à nos Collègues plusieurs ouvrages de M. Pierre Guedon ; le nouveau travail du même auteur dont nous allons donner ici une rapide analyse, présente d'autant plus d'intérêt qu'il traite d'une question toute d'actualité, et il nous paraît destiné à tenir une place très honorable dans la littérature, déjà très fournie, des chemins de fer d'intérêt local et tramways, par la manière dont il est rédigé et surtout par son caractère éminemment pratique.

(1) 1 vol. in-8° de 145 pages avec figures dans le texte. Ve Dunod, éditeur, Paris.

(2) Un volume in-8° de 392 pages avec figures. Encyclopédie industrielle fondée par M. Lechalas, Paris, Gauthier-Villars.

L'auteur donne d'abord un aperçu historique très sommaire sur la question et le fait suivre de quelques indications sur la législation qui régit la matière.

La première partie est consacrée à l'établissement de la voie. On y trouve des considérations très développées sur le tracé, la largeur de voie adoptée, les divers systèmes de voie, des détails sur leur pose, la résistance des véhicules à la marche, et toute une série de renseignements pratiques sur les précautions à prendre pour assurer, en ce qui concerne la voie, la sécurité de la circulation.

La deuxième partie traite de la traction à vapeur et se subdivise en plusieurs chapitres, dont le premier s'occupe de la traction par locomotives ordinaires, le second des voitures à vapeur pour lignes de chemins de fer, et le troisième des voitures à vapeur pour tramways ; on trouve dans ce dernier la description détaillée et les résultats de service des voitures Rowan, Serpollet et Purrey, tous appareils ayant reçu des applications étendues, comme on sait.

Le quatrième chapitre est consacré à la traction à vapeur sans feu, qui est également appliquée très couramment avec de bons résultats, et qui constitue une solution économique dans beaucoup de cas.

La troisième partie s'occupe de la traction à air comprimé, sur laquelle l'auteur s'étend naturellement avec beaucoup de développements, la Compagnie des Omnibus ayant plusieurs lignes importantes munies de ce mode de traction. On y trouve d'intéressants détails sur les usines de compression et les voitures automotrices.

En dehors du système Mekarski, qui fait à peu près tous les frais de cette partie, il est dit quelques mots du système Popp-Conti, qui, essayé à Saint-Quentin, n'a pas réussi pratiquement, et de la traction à air comprimé aux États-Unis.

La quatrième partie traite de la traction par le gaz, système très intéressant pour les villes où le gaz est à un prix peu élevé, mais qui, malgré ses avantages apparents, paraît n'avoir encore reçu que des applications très limitées.

La cinquième et dernière partie s'occupe des tramways électriques, divisés en systèmes à alimentation directe, c'est-à-dire recevant le courant de conducteurs aériens ou souterrains, ou de contacts superficiels, systèmes à alimentation indirecte, c'est-à-dire tramways à accumulateurs et systèmes mixtes. La question des usines de production est sommairement traitée, et cette partie se termine par une comparaison entre les avantages et les inconvénients des divers systèmes.

Comme conclusion générale, l'auteur estime que la traction à vapeur convient pour les lignes à trafic faible ou modéré, surtout en dehors des villes et même pour un service intensif dans les villes, lorsqu'on ne dispose pas d'un capital important ou que la durée des concessions est courte. En dehors de ces conditions, on doit faire usage de la traction électrique par fil aérien ou, si ce dernier n'est pas admis par les municipalités, des systèmes à contacts superficiels, dans l'hypothèse, bien entendu, que ces systèmes seront devenus absolument pratiques ; autrement on aurait recours, pour les lignes urbaines à grand trafic, à la traction à air comprimé. Pour des lignes urbaines à très grand trafic,

concédées pour au moins 30 ans, on peut employer avec avantage le système à caniveau. La traction par accumulateurs ne peut guère être considérée que comme une solution de pis-aller.

On trouve comme annexes des documents intéressants, tels que modèles de cahiers des charges pour matériel roulant, notes sur le nettoyage des voies de tramways, sur une disposition de commande de frein à air comprimé, attelages automatiques, chauffage des voitures, etc.

Cet ouvrage, très consciencieusement fait, emprunte une valeur particulière à la compétence de l'auteur en matière de traction sur tramways. Il sera lu avec fruit par tous ceux de nos Collègues qui s'intéressent aux questions de ce genre et auxquels nous sommes heureux de le signaler.

A. Mallet.

IIe SECTION

Analyse électrochimique. — Traduction de la 2e édition américaine de l'ouvrage de M. Edgar F. Smith, professeur de chimie à l'Université de Pensylvanie, par M. Joseph Rosset, Ingénieur civil des Mines (1).

L'analyse électrochimique n'est pas nouvelle; son application s'est depuis longtemps répandue pour le dosage du cuivre dans les laboratoires scientifiques et industriels, notamment en France sous l'impulsion de M. le Pr Riche et de notre Collègue M. Herpin.

Mais c'est dans ces dernières années seulement que l'utilisation du courant électrique à l'analyse quantitative a pu beaucoup se généraliser, comme il est naturel, les ouvrages qui s'y rapportent deviennent de plus en plus nombreux.

Celui de M. Edgar Smith, qu'a traduit M. Rosset, mérite d'être signalé comme un guide clairement écrit et résumant un grand nombre de renseignements; ceux-ci sont relatifs particulièrement aux travaux et aux appareils américains, ce qui s'explique par la situation de l'auteur, qui est professeur en Pensylvanie.

P. Jannettaz.

Géologie et minéralogie appliquées : les minéraux utiles et leurs gisements, par M. Henri Charpentier, ingénieur civil des Mines (2).

La bibliothèque du Conducteur de Travaux publics est devenue une véritable encyclopédie; le volume récemment paru, *Géologie et Minéralogie appliquées* a bien ce caractère général; en effet, l'auteur ne s'est pas préoccupé seulement des applications des deux sciences en question pour les Travaux publics, c'est-à-dire pour les fondations et pour les matériaux de construction; il s'est proposé de résumer un ensemble de notions multiples — et il a atteint son but. — De sorte que ceux qui, n'ayant

(1) In-18, 185 × 120 de xvi-204 p., Paris, Gauthier-Villars, 1900, br. 3 fr. 50.

(2) In-18, 185 × 125 de xi-643 p. avec 115 fig. Paris, Ve Ch. Dunod, 1900, rel. 12 fr. (Bibliothèque du conducteur des Travaux publics.)

pas à étudier d'une façon complète les éléments constitutifs de la croûte terrestre et leurs gisements, n'ont pas besoin de recourir aux traités récents de de Lapparent, d'Edouard Jannettaz, de Fuchs et de Launay sur la géologie, sur les roches et sur les gisements minéraux, trouveront dans l'ouvrage de M. Henri Charpentier des renseignements fort utiles. Ceux-ci sont d'ailleurs présentés avec beaucoup de méthode et de clarté, et leur compréhension est rendue facile par un exposé succinct des notions théoriques les plus importantes.

Aussi M. A. Soubeiran, Ingénieur en chef des Mines qui s'est chargé dans une préface de présenter le volume au public a-t-il pu dire que : « Ce traité de géologie et de minéralogie appliquées, si riche en renseignements de toutes sortes, rendra de grands services non seulement à l'Ingénieur et au Conducteur de travaux publics, mais encore à toute personne qui, sans avoir de réelles connaissances techniques, s'intéresse pourtant aux entreprises minières et aux industries qui en dérivent ».

Depuis la *Géologie appliquée et la Minéralogie appliquée* de Burat, la plupart des traités se rapportant à ces deux sciences étaient restés purement théoriques; d'ailleurs l'étude de ces deux sciences, complètement négligée dans l'enseignement secondaire, n'était exposée dans son ensemble qu'à un nombre extrêmement restreint d'élèves dans l'enseignement supérieur des Facultés, car la plupart s'occupaient uniquement soit de géologie, soit de minéralogie. Mais depuis quelques années l'enseignement universitaire a modifié ses programmes; en outre, cet été, un nombre important de membres du Congrès géologique international ont exprimé le vœu de voir la géologie devenir *pratique*.

Le livre de M. Henri Charpentier est conçu dans cet esprit; nous l'en félicitons.

P. JANNETTAZ.

L'acier à outils, par M. Otto THALLNER, ingénieur en chef, chef de la fabrication aux aciéries à outils de Bismarkhutte, traduit de l'allemand par M. Rosambert, Ingénieur des Arts et Manufactures, chef de service aux Aciéries de France (1).

L'Exposition Universelle a montré — avec un éclat qui a frappé d'étonnement ceux qui n'étaient jamais sortis de France et les a même portés à exagérer ce qu'ils voyaient — la puissance et la prospérité de l'industrie allemande. Il est permis de se demander si, à côté des raisons d'ordre économique qui ont favorisé puissamment l'industrie de nos voisins, un facteur important de son succès ne réside pas dans la façon dont les questions techniques sont étudiées et discutées en Allemagne : elles y donnent lieu, en effet, à des publications très nombreuses, très variées et atteignant un développement que nous ne retrouvons chez nous que pour les publications purement scientifiques.

Beaucoup de praticiens allemands, ne craignent pas de faire connaître dans le public les faits qu'ils ont observés.

L'ouvrage de M. Thallner sur l'acier à outils en est un exemple frappant; voici, d'ailleurs, comment l'auteur termine sa préface : « Toutes les

(1) In-8, 225 × 150 de 204-16 p. Paris, Ch. Béranger, 1900, rel. 8 fr.

recettes que nous donnons et toutes les installations que nous décrivons ont reçu la sanction de la pratique; elles seront utiles, pour l'exécution d'une tâche qui exige beaucoup de connaissances et d'expérience aux chefs d'ateliers et aux praticiens. »

Les questions traitées sont les suivantes : composition et classification des aciers à outils; aspect, cassure et structure; chauffage et recuit; trempe; soudage; défauts, etc. Chacune de ces questions est examinée avec détails, aussi bien au point de vue des appareils que des procédés opératoires.

Ce petit volume est traduit par notre Collègue, M. Rosambert, chef de service aux Aciéries de France. Il trouve sa place dans la belle collection des ouvrages allemands traduits en français qu'édite la librairie Béranger, à côté des traités classiques de Ledebur, de Borchers et de Schnabel.

P. Jannettaz.

Travail des métaux dérivés du fer, par L. Gages, capitaine d'artillerie (1).

Ce très intéressant ouvrage complète les deux volumes que l'auteur a déjà publiés sur la métallurgie du fer. C'est un exposé succinct des principes théoriques et de la pratique actuelle du travail des aciers obtenus par fusion et dérivés du fer, dont le nombre s'accroît de jour en jour.

Les Préliminaires donnent un aperçu général sur la classification rationnelle des aciers.

Le titre I traite, à un point de vue général, de l'étude théorique de ces métaux. Il se subdivise en deux parties bien distinctes :

La première partie décrit la *pratique du travail* : forgeage, laminage recuit, trempe, revenu après trempe. *La seconde*, ou *théorie du travail*, expose par ordre chronologique les théories de Tchernoff, Osmond et Werth, d'où découlent les règles du travail méthodique.

Le titre II est consacré à l'examen de la constitution des *aciers au carbone* (appuyé sur les indications micrographiques) et à l'analyse de leurs propriétés mécaniques).

Le titre III passe en revue les propriétés générales des aciers spéciaux et leur composition chimique. On sait que ces aciers, dits *spéciaux*, dérivent tous plus ou moins des aciers carburés dont on connaît les transformations allotropiques; il devient donc possible d'établir en une synthèse raisonnée les principes de travail applicables à l'ensemble des métaux ferreux qui, ici, sont classés d'après la loi de Roberts Austeen.

M. Gages termine par un aperçu général des remarquables travaux de M[me] Sklodowska Curie sur les aciers et aimants.

Lss Ingénieurs praticiens, comme les élèves Ingénieurs, trouveront dans ce court résumé de 200 pages de précieux renseignements ; ils pourront aller aux sources en consultant la bibliographie, que l'auteur n'a pas omise à la fin du volume.

G. de Retz.

(1) in-8 (190 × 120) de 202 pages avec 43 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1900. 2,50 *f* br.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1900

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2me SEMESTRE, ANNÉE 1900

(Bulletins)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

ARTILLERIE

AUTOMOBILES

BIBLIOGRAPHIE

CHEMINS DE FER

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

CONSTRUCTIONS CIVILES

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

E.-J.-L. Meunier, A.-A.-M. Michel-Schmidt, J. Piet, L.-H. Pinchart-Deny, L.-A. Poidatz, H. Rabinel, J.-C.-C. Rodrigues-Ely, G.-A.-P, Roger, L. Rueff, H.-A. Schmid, A. Seydoux, G.-G.-L. Teisset, G.-M.-H. Vallot, A.-L. Violet, P. Dorel, P. Farcot, D. Haour, Ch. Kessler, Ed. Lambert, P.-A. Laurent, M. Leblanc, F. Manaut, A.-L.-J. Marie, Ed. Simon, Ed. Halphen, E. Borderel.

Officiers de l'Instruction Publique : MM. G. Richard, D. Augé, V.-J. Damoizeau, Schoeller, J.-A Moréal de Brévans.

Officiers d'Académie : MM. J.-P.-A. Meyer, A.-J. Meyer-May.

Officiers du Mérite Agricole : MM. A. Bajac, A. Lavalard, Ch. Prevet, J. Prevet, J. Rueff, E. Asselin, A.-L. Simon.

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. L. Bodard, A. Ollivier, V.-P. Amilhau, J.-B. Aurientis, E. Beaupré, H. Besnard, M. Douane, G. Laussedat, C. Mullet, Picard-Mery, G.-C. Lévi, E.-P. Guillon.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeurs du Christ de Portugal : MM. Benet, Favarger.

Commandeur de la Couronne de Roumanie : M. E.-A. Ziffer.

Chevalier de la Couronne d'Italie : M. L. Delloye.

(Séances des 22 Juin, 6 et 20 Juillet, 5 et 19 Octobre, 2 et 16 Novembre et 7 Décembre) 26, 143, 157, 389, 394, 515, 523 et 662

DIVERS

DONS ET LEGS

EXPOSITION

HYDRAULIQUE

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MINES

MOTEURS

NAVIGATION

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

TABLE ALPHABÉTIQUE

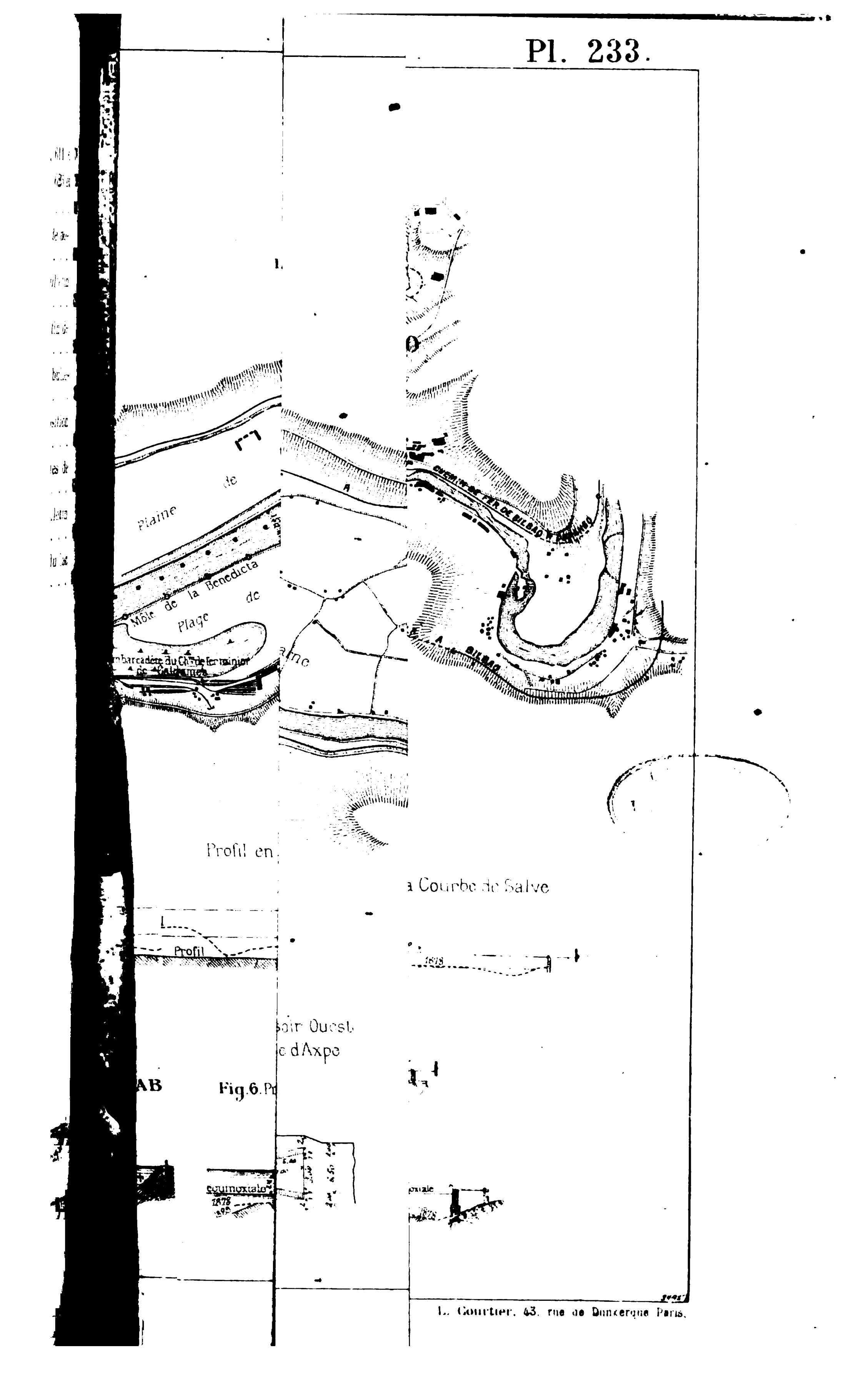
PAR

NOMS D'AUTEURS

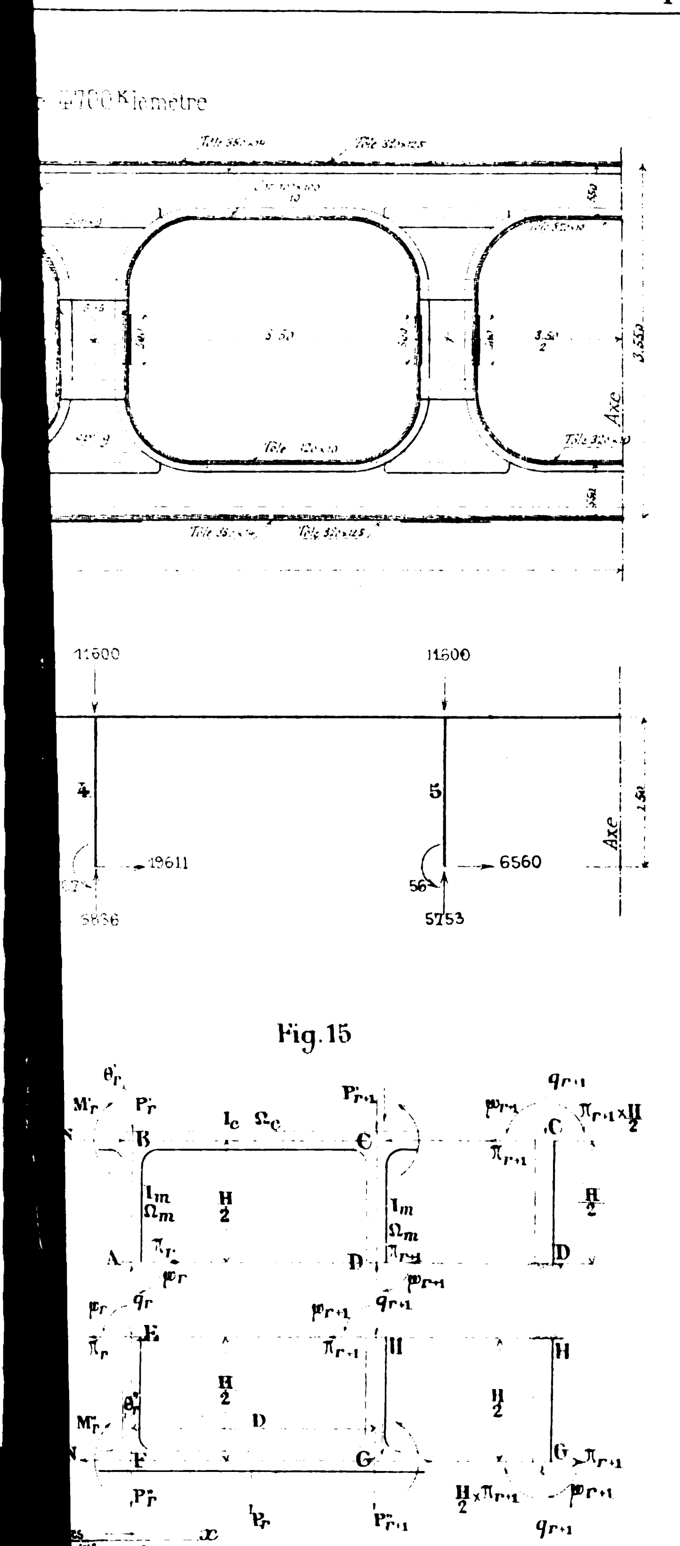
DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1900.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

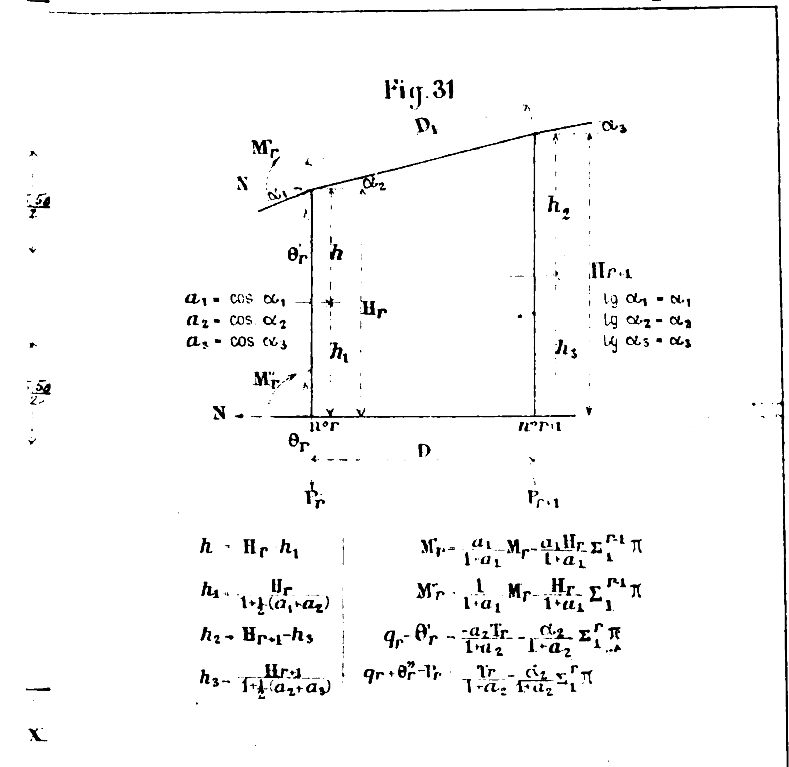
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 25642-12-00. — (Encre Lorilleux)



L. Courtier, 43. rue de Dunkerque Paris.



4700 K le mètre
Tôle 350×10
Tôle 320×12.5
3.50
3.50
2
Axe
3.550
11600
11600
4
5
19611
6560
5836
5753
56
1.50
Axe
Fig. 15
θ'_r
M'_r
P'_r
B
I_c
Ω_c
C
P'_{r+1}
q_{r+1}
$\pi_{r+1} \times \frac{H}{2}$
π_{r+1}
I_m
Ω_m
$\frac{H}{2}$
A
D
π_r
ϖ_r
q_r
E
H
$\frac{H}{2}$
θ''_r
M''_r
D
F
G
π_{r+1}
ϖ_{r+1}
q_{r+1}
$\frac{H}{2} \times \pi_{r+1}$
P''_r
P''_{r+1}
l_r
x



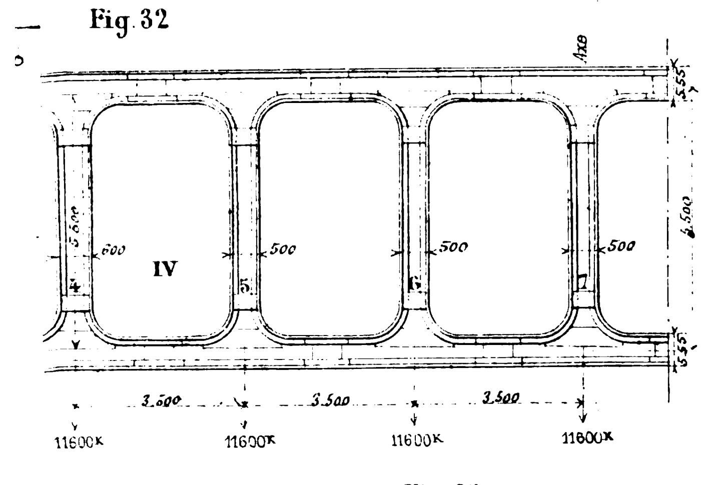
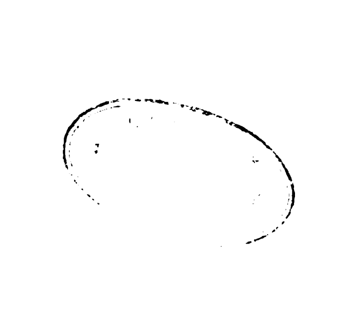
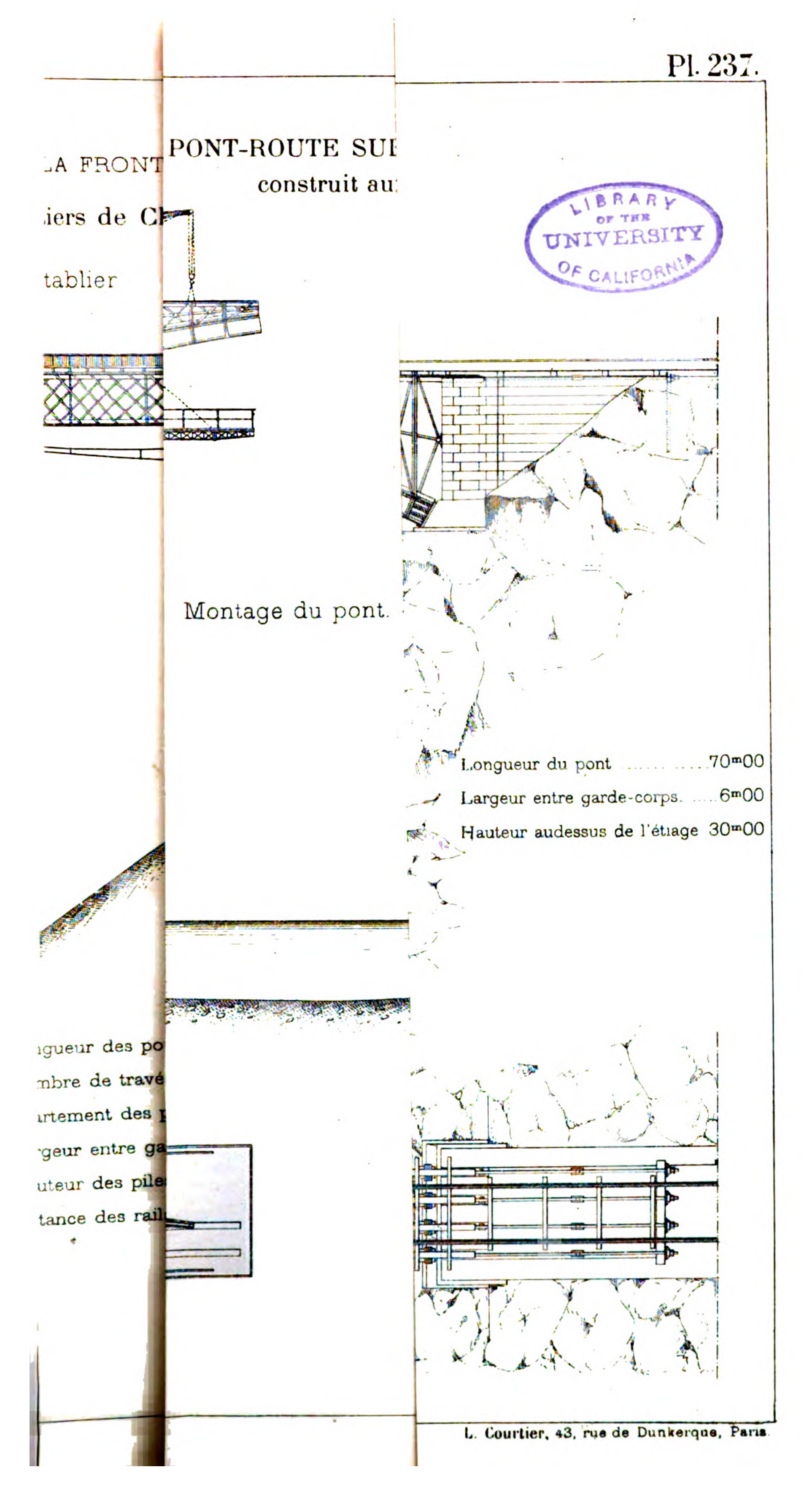


Fig. 35.

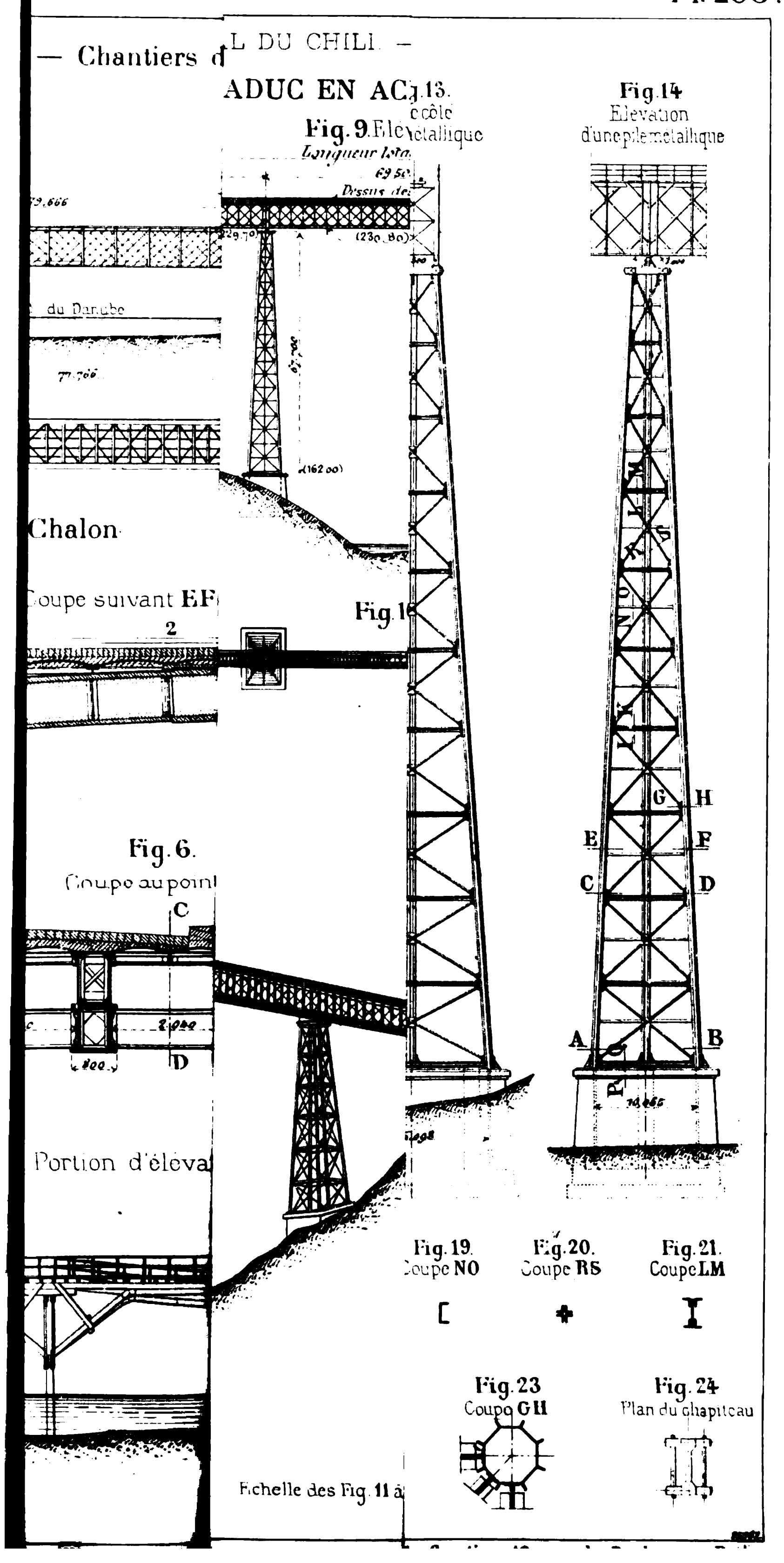
36682K
29982K
22131K
18416K
14048K
7227K
9956K
9132K
5800K
5800K
5800K
38428K
36682K
29982K
21131K
18416K
14048K
7227K
63600K
11.600K
11.600K
11.600K
11.600K
11.600K
11.600K





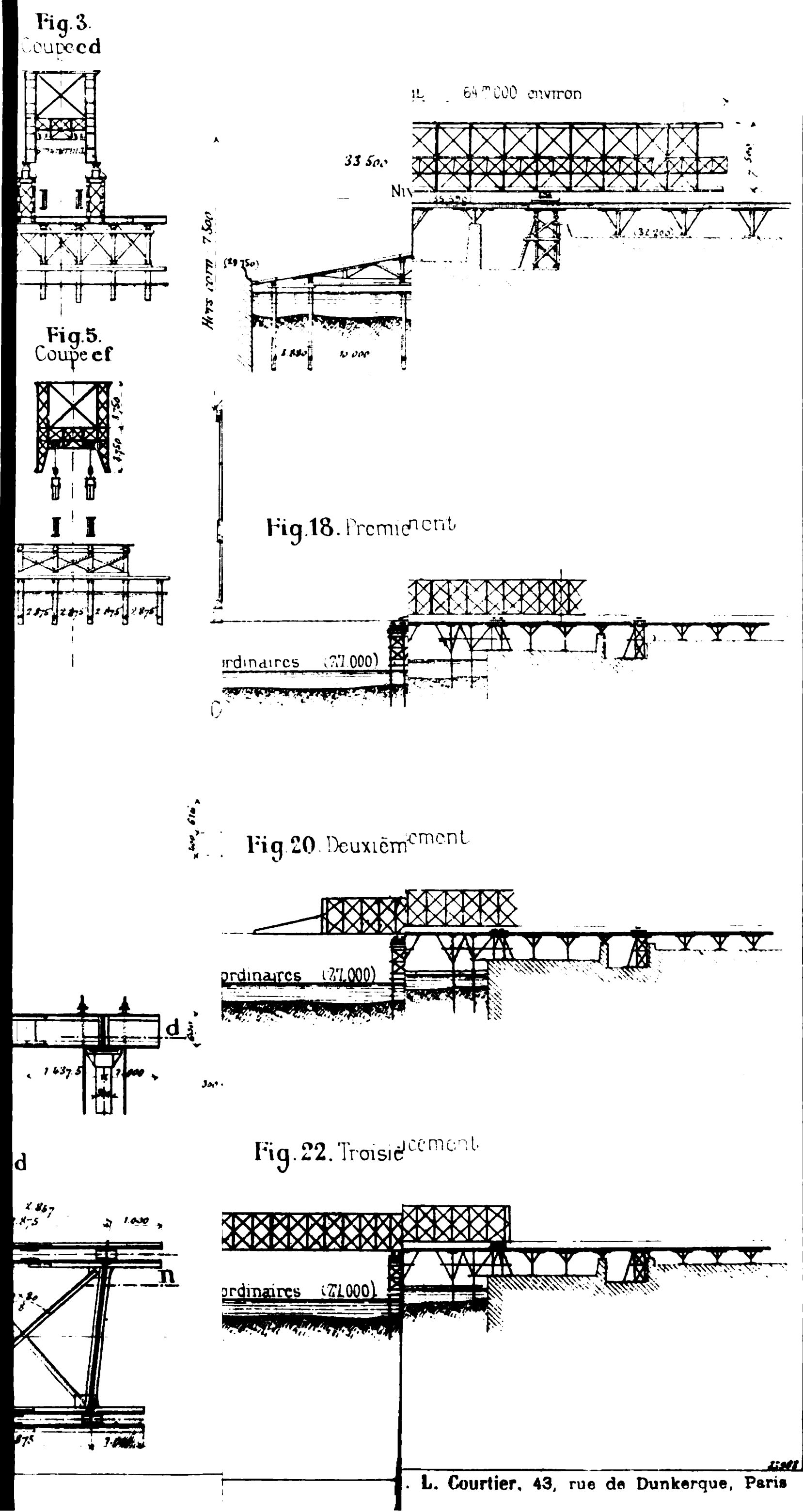
LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

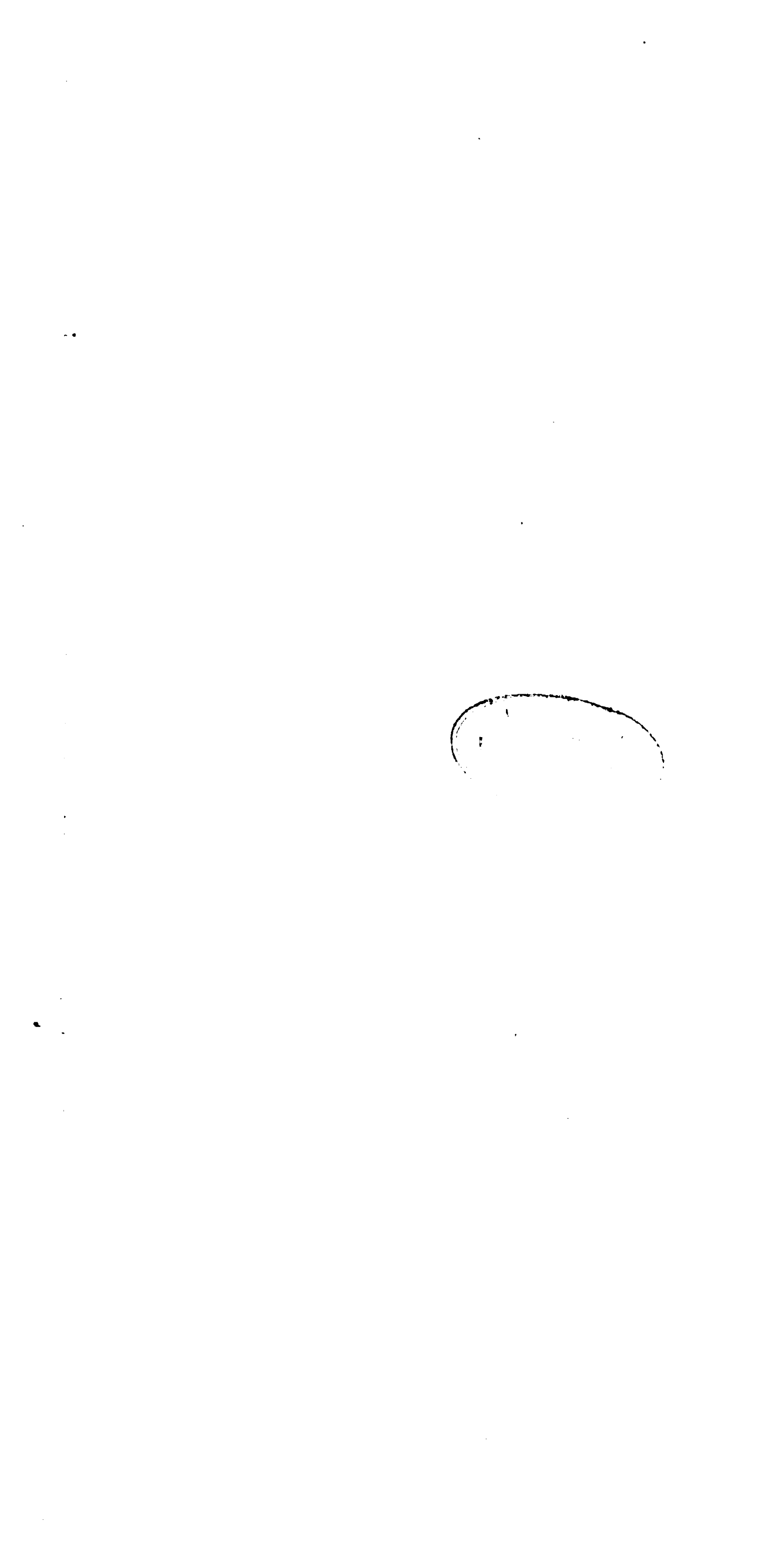


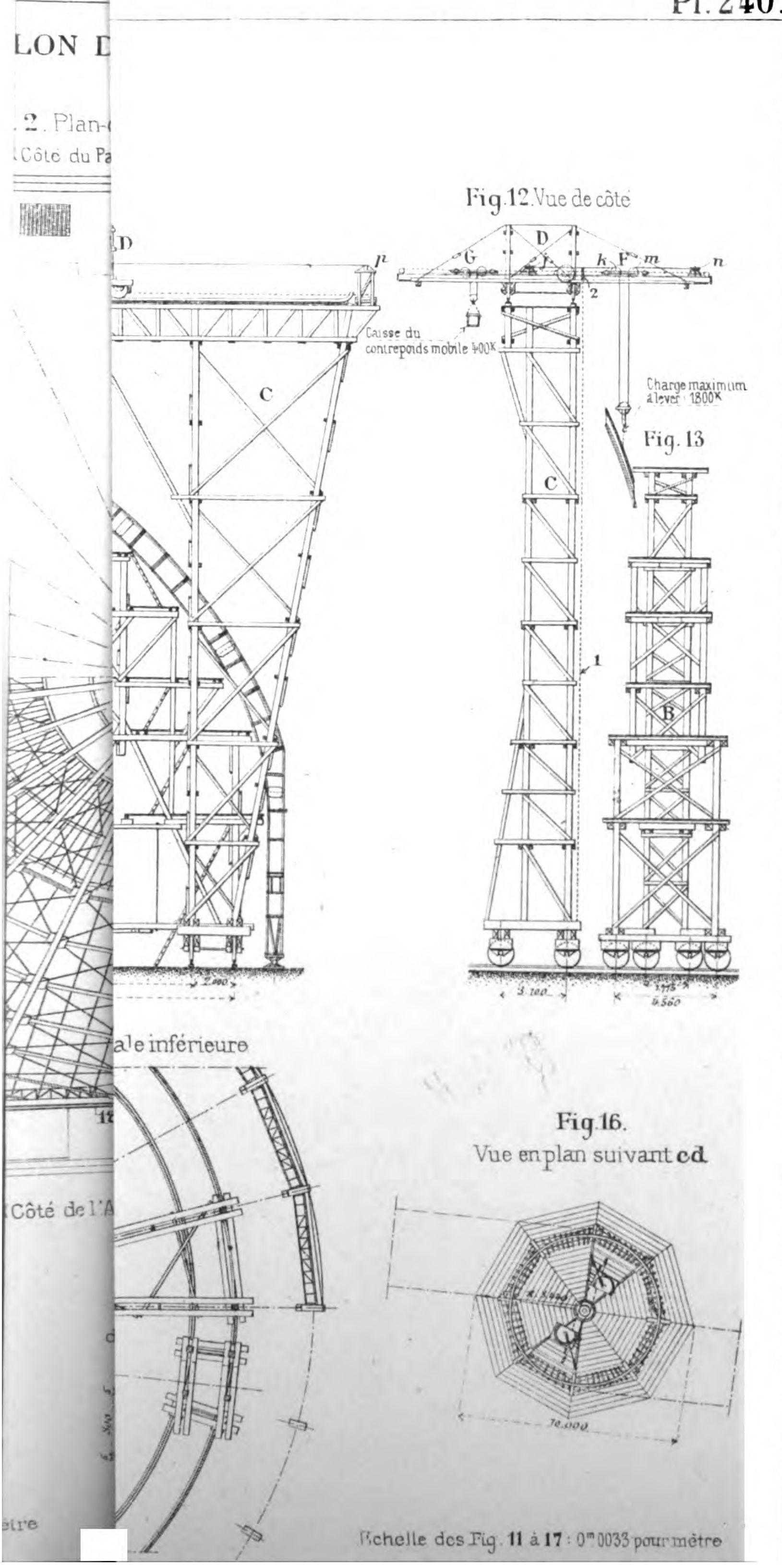
— Chantiers d
L DU CHILI —
ADUC EN AC
Fig. 9. Ele
Longueur tota
du Danube
Chalon
Coupe suivant EF
Fig. 6.
Coupe au point
C
D
Portion d'éleva
.13.
e côte
étallique
Fig. 14
Elevation
d'une pile métallique
G
H
E
F
C
D
A
B
Fig. 19.
Coupe NO
Fig. 20.
Coupe RS
Fig. 21.
Coupe LM
Fig. 23
Coupe GH
Fig. 24
Plan du chapiteau
Echelle des Fig. 11 à

Schneider et

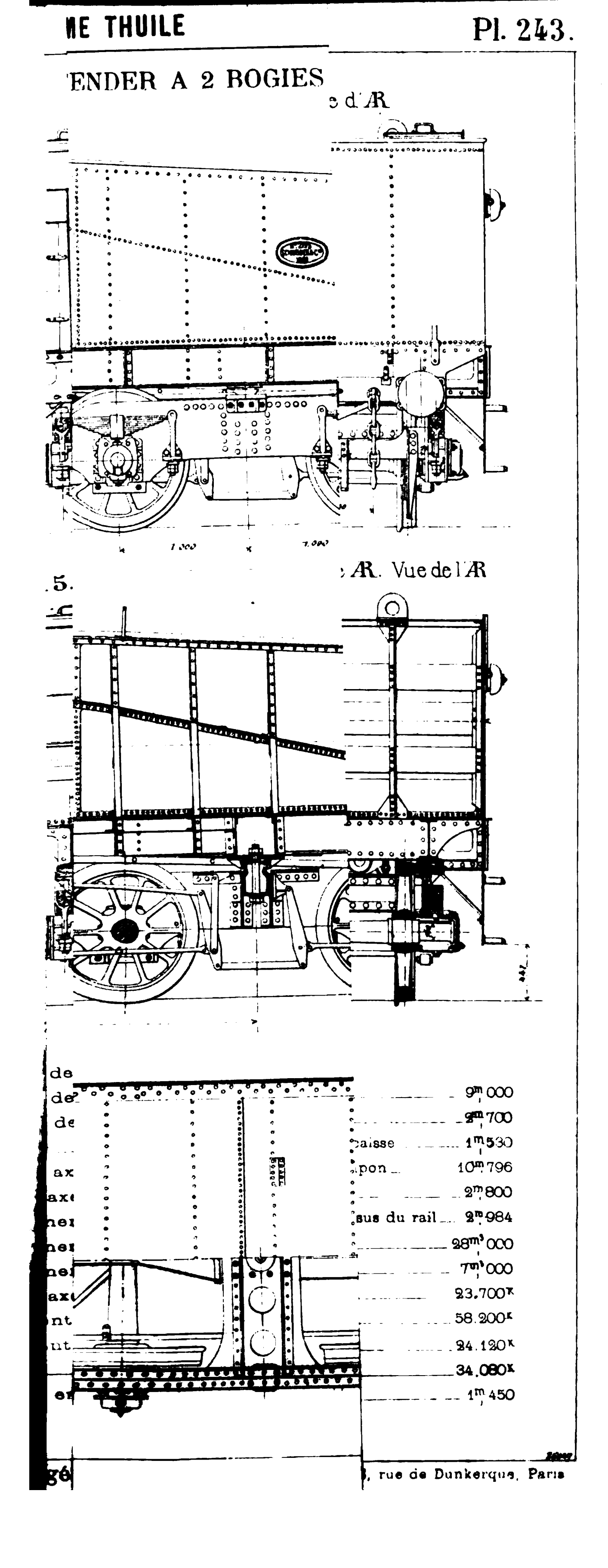


. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris




LON D
. 2. Plan-
(Côté du Pa
Fig. 12. Vue de côté
D
G
k
F
m
n
p
2
Caisse du contrepoids mobile 400K
C
Charge maximum à lever : 1800K
Fig. 13
1
B
2.000
3.100
4.560
ale inférieure
Côté de l'A
Fig. 16.
Vue en plan suivant cd
10.000
Échelle des Fig. 11 à 17 : 0m 0033 pour mètre





NE THUILE
Pl. 243.
'ENDER A 2 BOGIES
e d'Æ
Æ. Vue de l'Æ
.5.
de
de
de
ax
axe
ne
ne
ne
axe
nt
nt
e
caisse
pon
sus du rail
9m 000
2m 700
1m 530
10m 796
2m 800
2m 984
28m³ 000
7m³ 000
23.700K
58.200K
24.120K
34.080K
1m 450
gé
, rue de Dunkerque, Paris

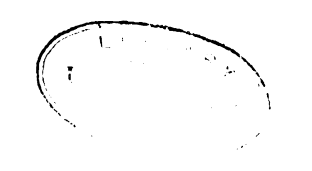


Fig. 14 à 2... Plans de la calotte

Enser... de 0,0025 p m

...ntretoisement

...ure supérieure des fermes

Fig. 4. Extrado... ne ferme

4.23 — 4.2...

18.24 — 28.250

25.250 — 4.20 — 0.80

3 Semelles — Panne — Panne

XV XVI XVII XVIII

Semelle 250×7

Cercle ceinture

Cercle ceinture

Entretoise

Ferme

Ferme

Cercle ceinture

Ferme double

2.25o

Loge

Désign... des par...

1·2 2 Corn $\frac{80\times 80}{8}$

3·4 2 Corn $\frac{70\times 70}{7}$

5·6 4 Corn $\frac{60\times 60}{6}$

de l'arc

XI

XI

XV

XV

XV... ...stribution des fers

XVI... ...brure inférieure des fermes

XVI

XIX

XX

XXI

XXII

...5. Coupe OP

Corn. $\frac{80\times 80}{8}$

L 153×63 / 12

750

...le 10 d'épaisseur

...r maxima : 180

...r minima : 100

28.250

25.250 — 4.20 — 0.80

7 8 9 10 11

Cercle ceintur...

Cercle ceinture

Entretoise

Ferme

Ferme

Partie vitrée

Vide

Vide

Cercle ceinture

34.30

...a : L'âme de la membrure es...

...barres de treillis, l'assem...

...omme ci-dessous (Fig. 22), le...

...ies entre leur attache et leur...

...ermédiaire

L'â...

corn...

au cr...

2.400

550

300×8

...poutre ceinture

Fig. 23. Coupe ...

Corn. 70×70×7

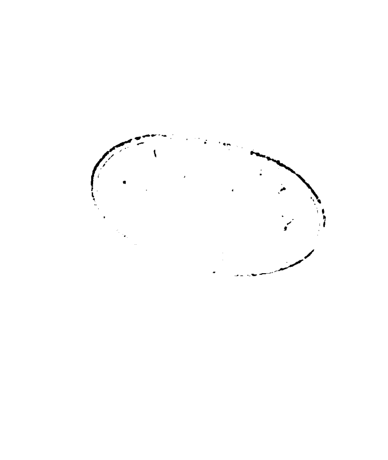
c d

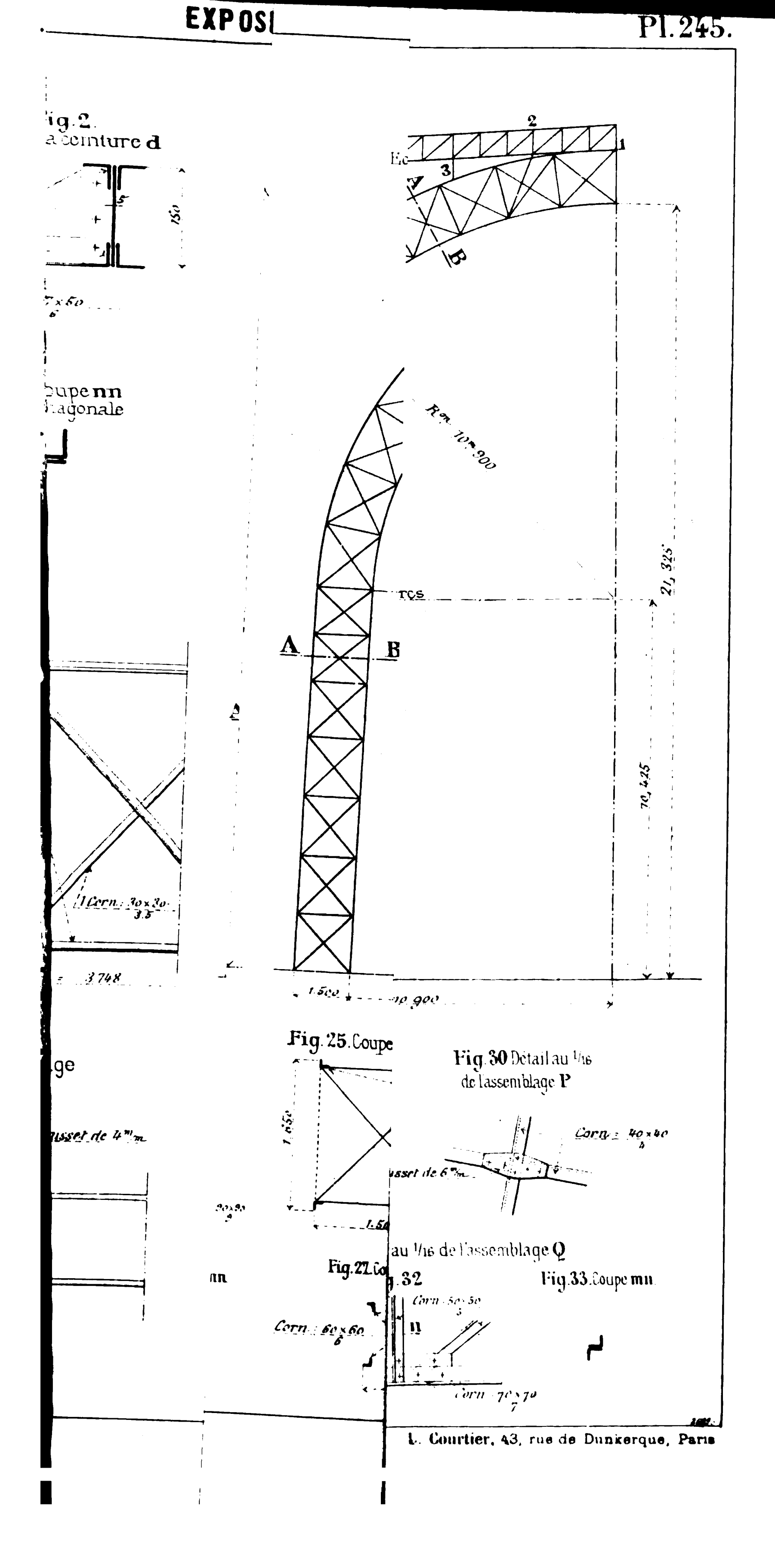
36 fermes semblables

sont semblables

35898

...L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

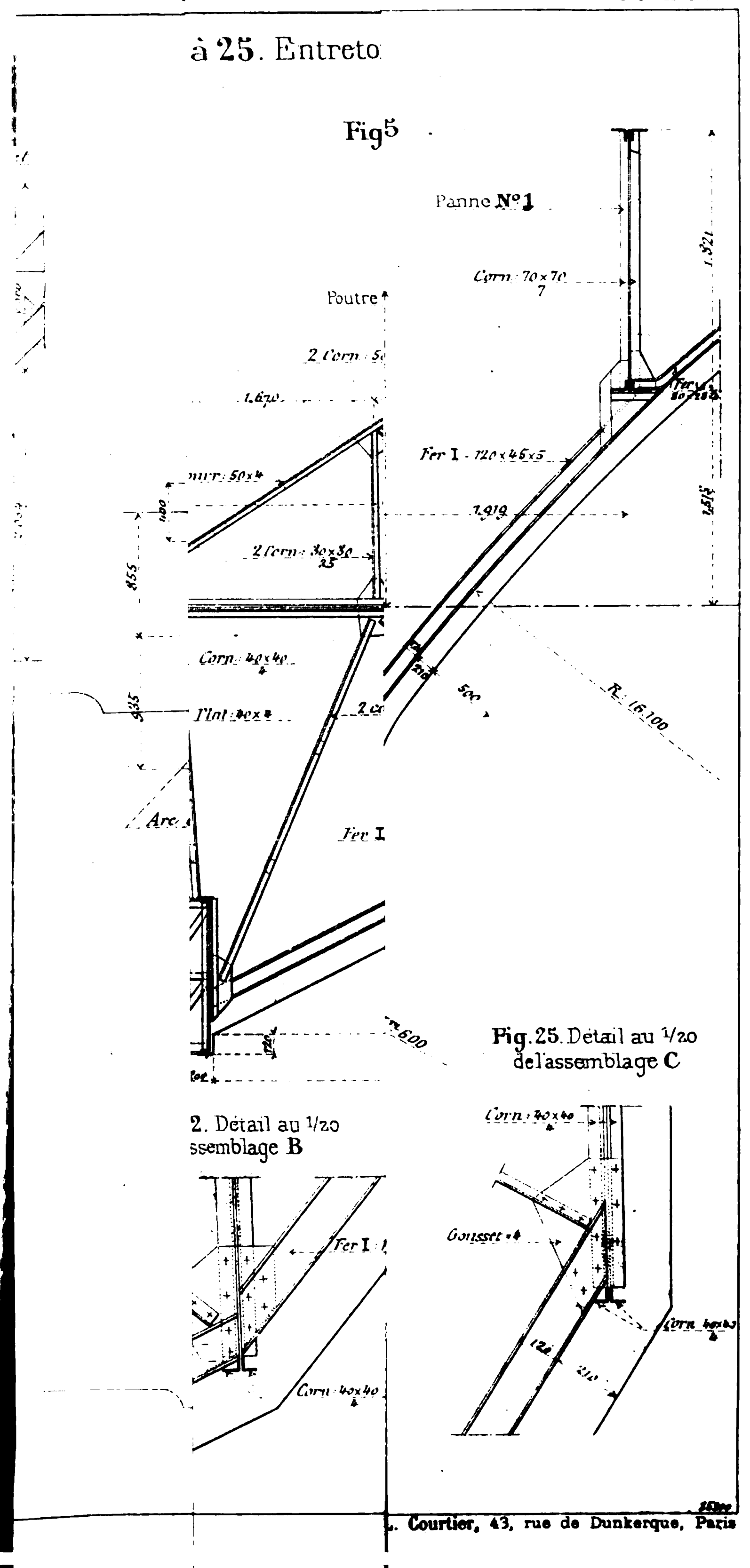




L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

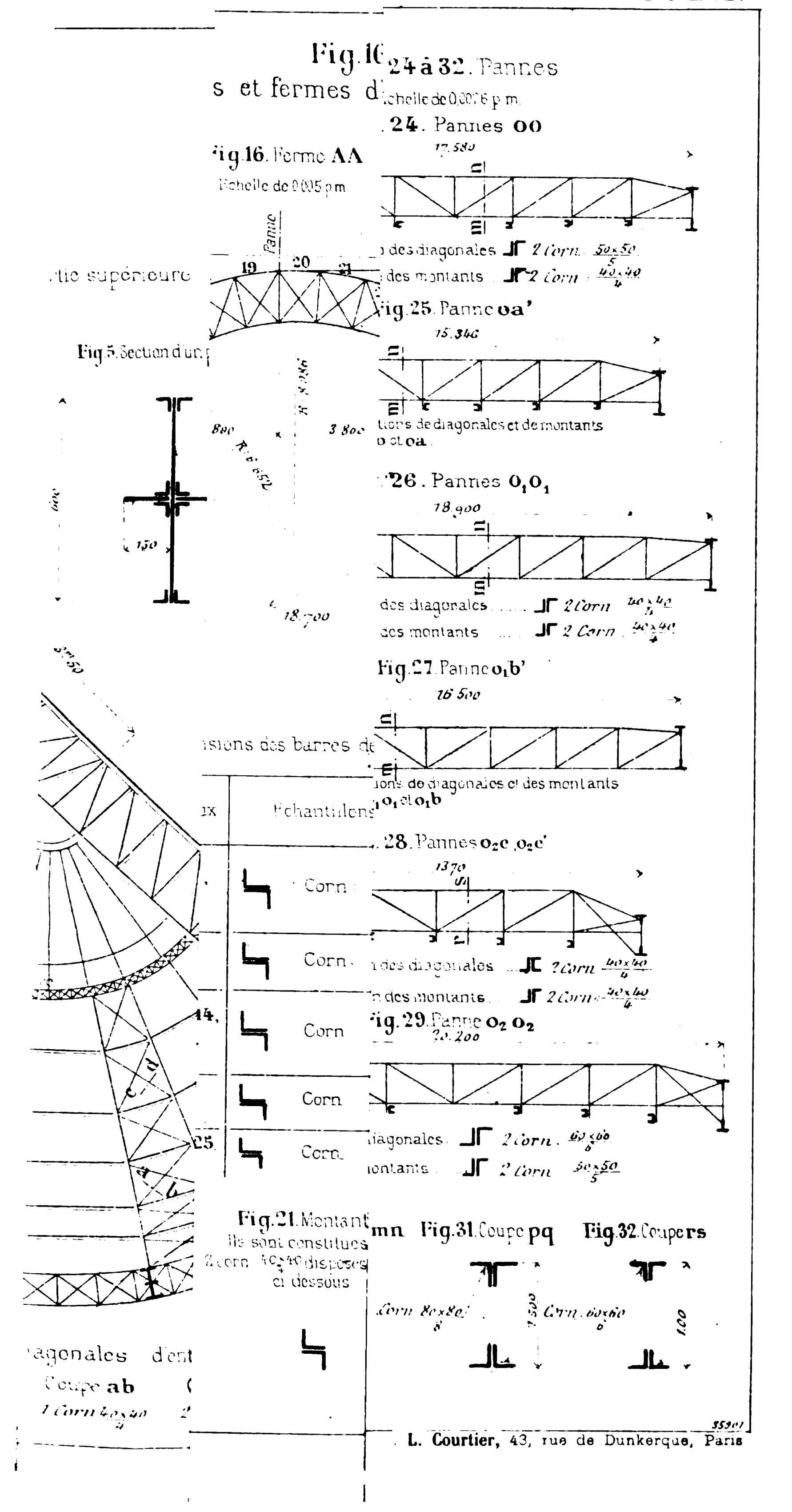


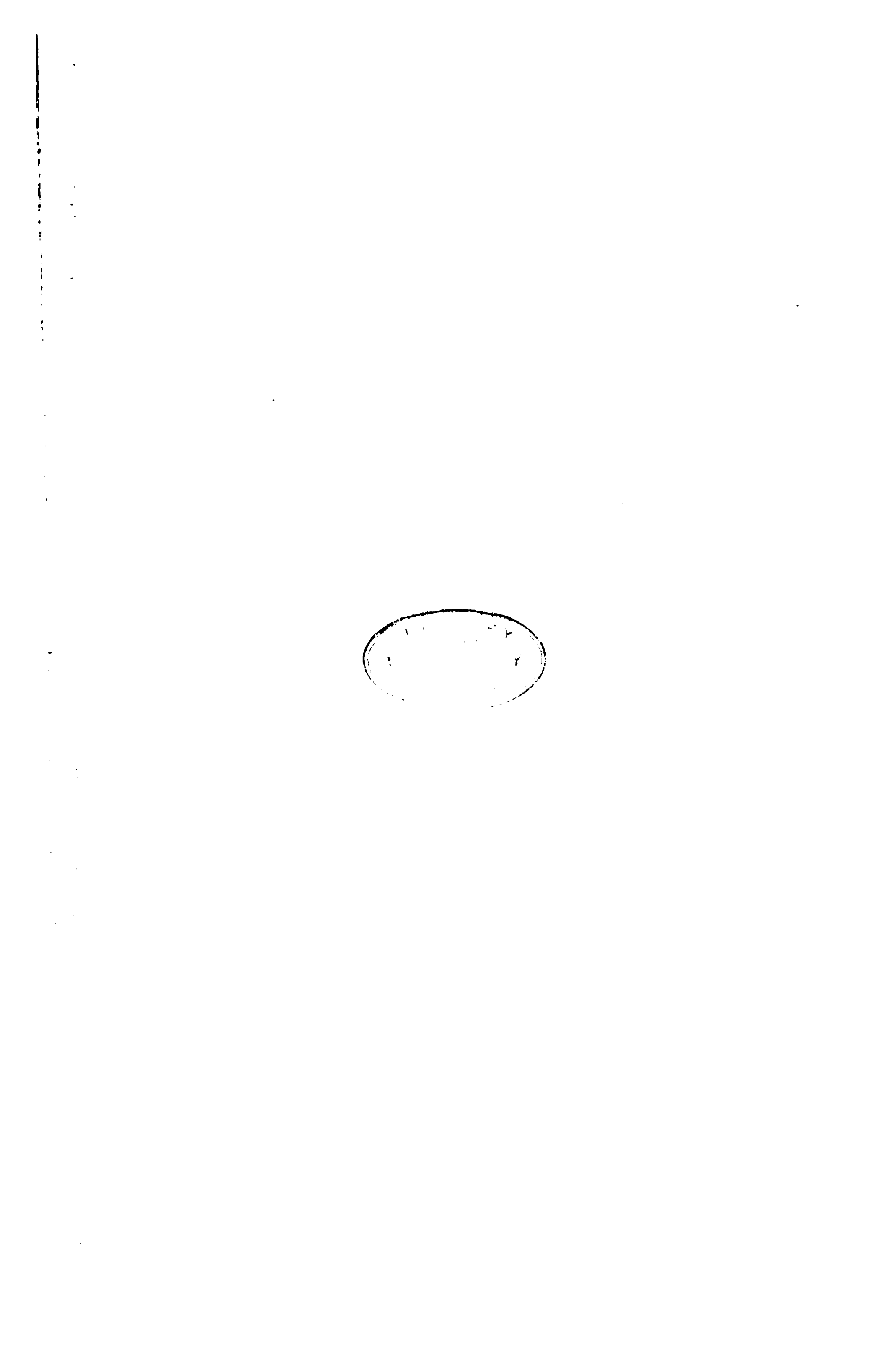
à 25. Entreto

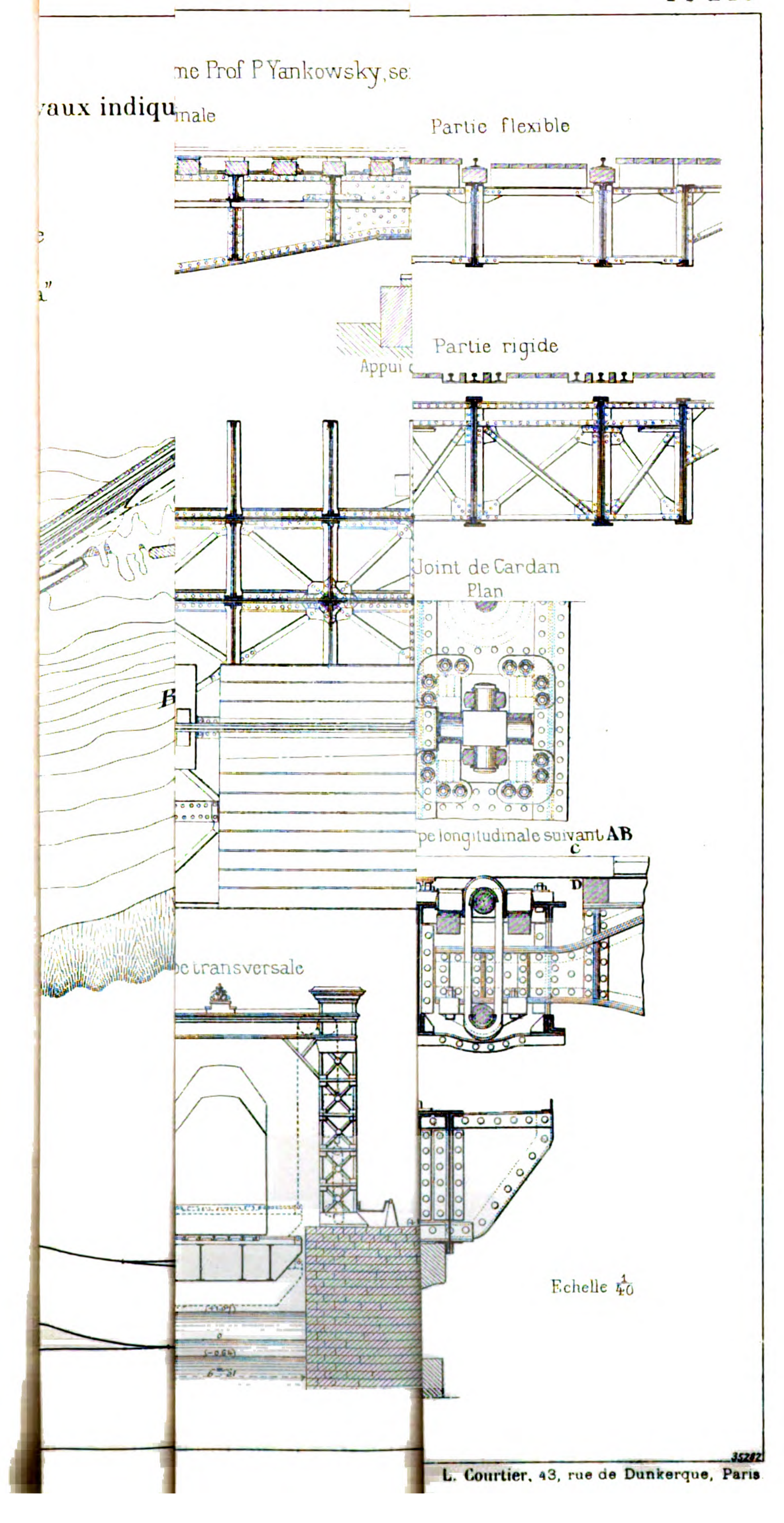


. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris




Fig. 24 à 32. Pannes
Échelle de 0,0076 p. m.
Fig. 24. Pannes oo
17.580
des diagonales 2 Corn. 50x50/5
des montants 2 Corn. 40x40/4
Fig. 25. Panne oa'
15.346
tions de diagonales et de montants
o et oa
Fig. 26. Pannes o₁o₁
18.900
des diagonales 2 Corn 40x40/4
des montants 2 Corn. 40x40/4
Fig. 27. Panne o₁b'
16.500
ions de diagonales et des montants
o₁ et o₁b
Fig. 28. Pannes o₂c, o₂c'
1370
des diagonales 2 Corn 40x40/4
des montants 2 Corn 40x40/4
Fig. 29. Panne o₂ o₂
20.200
diagonales 2 Corn. 60x60/6
montants 2 Corn 50x50/5
Fig. 16. Ferme AA
Échelle de 0,005 p. m.
Panne
19
20
21
18.700
Fig. 5. Section d'un
150
tie supérieure
s et fermes d
Corn
Fig. 21. Montant
Ils sont constitués
2 corn. 40x40/4 disposés
ci dessous
mn
Fig. 31. Coupe pq
Corn 80x80/8
Fig. 32. Coupe rs
Corn 60x60/6
agonales d'ent
Coupe ab
1 Corn 40x40/4
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris





35282
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris